ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

СВОДНЫЙ ТОМ

ВЫПУСК 6

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

■

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

СВОДНЫЙ ТОМ В ПЯТИ ВЫПУСКАХ
С АТЛАСОМ КАРТ

■

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
А. В. СИДОРЕНКО

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
И. В. РОГОВСКАЯ, Н. И. ТОЛСТИХИН, В. М. ФОМИН

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА», МОСКВА, 1975

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

Выпуск 5

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ СССР

РЕДАКТОР
Г. Г. СКВОРЦОВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА», МОСКВА, 1975

УДК 551.49(47+57)

Гидрогеология СССР. Сводный том в пяти выпусках Вып 5. Инженерно-геологическое районирование и закономерности формирования инженерио-геологических условий территории СССР. М, «Недра», 1975, 264 с (ВСЕГИНГЕО)

Пятый выпуск сводного тома монографии «Гидрогеология СССР» является итогом обобщения глав «Инженерно-геологические условия», помещенных во всех томах монографии

В настоящем выпуске дано краткое описание инженерно геологических условий территории СССР. На основе анализа выполненного инженерио-геологического районирования и типизации территории СССР выявлены основные закономерности формирования инженерно-геологических условий и дан прогиоз направленности развития главнейших геологических процессов.

Книга рассчитана на гидрогеологов, геологов, специалистов по инженерной геологии и т. д.

Иллюстраций — 1, список литературы — 51 название

Hydrogeology of the USSR Summary volume. Book V. Engineering-geological subdivision and regularities of the formation of the engineering—geological conditions of the USSR territory M, „Nedra", 1975, VSEGINGEO

The fifth book of the summary volume of the monography „Hydrogeology of the USSR", „Engineering—geological subdivision and regularities of the formation of the engineering—geological condition of the USSR territory", is the result of the generalization of the chapters „The engineering—geological conditions" included in all the volumes of the monography.

This book presents a brief description of the engineering—geological conditions of the USSR territory and the main regularities of the formation of the engineering—geological conditions revealed on the basis of the analysis of the engineering—geological subdivision and typification of the USSR territory as well as the prediction of a development of the most important geological processes

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СВОДНОГО ТОМА

ЕФИМОВ А. И
РОГОВСКАЯ Н. В.
СИДОРЕНКО А. В
СМИРНОВ С. И.
ТОЛСТИХИН Н И.
ФОМИН В. М.
ЧУРИНОВ М В
ЯРОЦКИЙ Л А

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ 5-ГО ВЫПУСКА

КОМАРОВ И. С.
РОГОВСКАЯ Н В
СКВОРЦОВ Г. Г.
(отв редактор)
ЧУРИНОВ М. В.
ЦЫПИНА И М
ЛАЗАРЕВА В. П
ЯКОВЛЕВ Д. И.

Составители М. В Чуринов, И М Цыпина В П Лазарева

Г 20804—206
043(01)—75

© Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО), 1975

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 7

Принципы районирования территории СССР для инженерно-геологических целей 8
Типизация территории СССР для инженерно-геологических целей 13

Условия развития геологических процессов 15

Инженерно-геологические условия регионов платформенного режима 17
А. Регионы Русской платформы 17
Закономерности формирования инженерно-геологических условий Русской платформы 44
Б. Регионы Сибирской платформы 46
Закономерности формирования инженерно-геологических условий Сибирской платформы 64
Инженерно-геологические условия регионов кайнозойского развития 65
В. Регионы Большеземельские 66
Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Большеземельских регионов 71
Г. Регионы Скифско-Туранские 71
Закономерности формирования инженерно-геологических условий Скифско-Туранских регионов 97
Д. Регионы Обские 98
Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Обских регионов 104
Инженерно-геологические условия регионов срединных массивов 104
Е. Регионы Буреинские 105
Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Буреинских регионов 109
Ж. Регионы Колымо-Омолонские 110
Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Колымо-Омолонских регионов 115
Инженерно-геологические условия регионов завершенной складчатости . . . 115
З. Регионы Уральские 115
Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Уральских регионов 124
И. Регионы Таймырские 124
Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Таймырских регионов 127
К. Регионы Казахстанские 128
Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Казахстанских регионов 138
Л. Регионы Зайсанские 138
Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Зайсанских регионов 142
М. Регионы Тянь-Шаньские 143
Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Тянь-Шаньских регионов 154
Н. Регионы Алтае-Саянские 155
Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Алтае-Саянских регионов 168
О. Регионы Байкальские 168
Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Байкальских регионов 183
П. Регионы Монгольские 184
Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Монгольских регионов 188

Стр

Р Регионы Сихотэ Алиньские 188
Закономерности формирования инженерно геологических условий территории Сихотэ Алиньских регионов 198
С Регионы Верхояно Чукотские 198
Закономерности формирования инженерно геологических условий территории Верхояно Чукотских регионов 203
Инженерно-геологические условия регионов геосинклинального режима 203
Т Регионы Альпийские 203
Закономерности формирования инженерно геологических условий территории Альпийских регионов 237
У Регионы Тихоокеанские 238
Закономерности формирования инженерно геологических условий территории Тихоокеанских регионов 256

Заключение 257

Список литературы 259

CONTENTS

Introduction 7
Principles of subdivision of the USSR territory for engineering—geological purposes 8
Typification of the USSR territory for engineering—geological purposes 13
Orientation of development of geological processes 15
Engineering—geological conditions of platform type regions 17
Engineering—geological conditions of the regions of kollogenous development 65
Engineering—geological conditions of the regions of medium masses 104
Engineering—geological conditions of the regions of complete folding 115
Engineering—geological conditions of the regions of geosynclinal regime 203
Conclusion 257
Bibliography 259

ПРЕДИСЛОВИЕ

Пятый выпуск «Инженерно-геологическое районирование и закономерности формирования инженерно-геологических условий территории СССР» входит в состав сводного тома монографии «Гидрогеология СССР» и представляет собой первую попытку обобщения инженерно геологических условий территории нашей страны

Материалы с характеристикой инженерно-геологических условий Советского Союза были собраны многочисленными составителями, в основном сотрудниками геологических управлений МГ СССР Вследствие неравномерности изученности территории характеристика отдельных регионов дана с неодинаковой степенью детальности

Перед составителями данного выпуска была поставлена задача проанализировать инженерно-геологические условия, изложенные в каждом из 45 опубликованных томов этой монографии, и на основе обобщения этих данных осветить закономерность формирования инженерно геологических условий территории нашей страны

Инженерно-геологическая глава каждого из томов монографии «Гидрогеология СССР» содержит сведения о районировании территории для инженерно-геологических целей и ее инженерно-геологическую характеристику

В составлении глав, характеризующих инженерно-геологические условия территории по томам монографии «Гидрогеология СССР», принимали участие следующие авторы Московская и смежные области— *И В Попов, Б Э Урбан,* редакторы *Н В Родионов, Е Г Чаповский,* Ленинградская и смежные области — *З М Мокриенко,* Воронежская, Курская и смежные области — *Г Г Скворцов, Н И Смирнова,* редактор *Е Г Чаповский,* Украинская ССР — *А П Негода, В М Чернин, М А Королева, В С Пономарь, В Ф Краев, Б Н Иванов, А Н Олиферов, Ф И Яворский, А Н Свиридова, В Г Василенко, М И Клещев, К А Пархоменко, И П Соляков, И Е Жернов, И И Галака, И Д Усиков, М А Пихота, А Ф Романюк, Ф А Руденко,* Донбасс — *А П Негода,* редактор *Д И Щеголев,* Крым — *Е В Рипский,* редактор *В Г Ткачук,* Северный Кавказ — *П В Царев, А В Клименко;* Грузинская ССР — *К И Джанджгава* редактор *И М Буачидзе,* Армянская ССР — *Саакян Г Д ,* редактор *М В Чуринов,* Азербайджанская ССР — *Б А Кантор,* редактор *Мустафа-Бейли,* Поволжье и Прикамье — *С Е Хабибулина,* редактор *И В Попов;* Урал — *Ф А Асинкритов,* Башкирская АССР — *М П Панюкова,* редактор *М В Чуринов,* Западная Сибирь — *А С Герасимова, С С Поляков,* редактор *Е М Сергеев,* Кемеровская область Алтайский край — *О В Постникова,* редактор *М В Чуринов,* Красноярский край — *А А Горюнов,* редактор *Г А Голодковская,* Иркутская область — *А Г Вагина, Н Н Угланов,* редактор *П И Трофимук,* Якутская АССР — *Г И Соловьев,* редактор *А И Ефимов, И К Зайцев,* Читинская область — *В П Портнова,* редактор *Н А Маринов,* Бурятская АССР — *В П Карпов,* редактор

А. И. Ефимов; Хабаровский край и Амурская область — *Н. М. Богатков;* Сахалин — *А. Ю. Мытарева, И. Ю. Шаровская,* редактор *О. О. Ревдоникас;* Северо-Восток — *Н. Н. Калмыков, И. Е. Зуев, В. Г. Гольдман;* Мурманская область — *Е. М. Козлова,* редактор *И. К. Зайцев;* Нижний Дон — *П. Г. Гарманов,* редактор *В. Н. Васильева; Камчатка — Б. В. Стырикович,* редактор *Г. А. Голева;* Эстонская ССР — *В. С. Сергеева,* редактор *Б. Н. Архангельский;* Латвийская ССР — *И. Л. Дзилна, А. Я. Забоне, редактор А. Н. Дзенс-Литовский;* Литовская ССР — *А. И. Гудас, К. И. Дундулис,* редактор *А. С. Кондат;* Карагандинская область — *Л. А. Лебедь,* редактор *И. Е. Фалевич;* Западный Казахстан — *И. М. Цыпина, В. П. Лазарева,* редактор *М. В. Чуринов;* Южный Казахстан — *В. М. Кудрин, В. П. Коломейцева,* редактор *В. И. Дмитровский;* Восточный Казахстан — *Т. Г. Егорова, Г. И. Козовский, Т. Х. Козовская,* редактор *И. М. Цыпина;* Туркменская ССР — *И. Я. Давыдов, И. Ф. Корякин;* Узбекская ССР — *В. В. Толоконников,* редактор *Г. А. Мавлянов;* Киргизская ССР — *К. Ц. Попова,* редактор *К. Г. Григоренко;* Таджикская ССР — *Е. Н. Скволецкий;* Коми АССР — *З. М. Дзениш,* редактор *И. А. Габович;* Оренбургская область — *М. П. Панюкова,* редактор *М. В. Чуринов;* Архангельская и Вологодская области — *А. А. Савинов,* редактор *А. А. Маккавеев;* Калининградская область — *А. Н. Гудас.*

Описание инженерно-геологических условий в перечисленных томах монографии «Гидрогеология СССР» дается по территориальной принадлежности районов к соответствующим геологическим управлениям.

Инженерно-геологическая характеристика, приводимая в V выпуске, осуществляется на основе анализа и обобщения указанных выше материалов с использованием схемы тектонического районирования, выполненной ВСЕГЕИ.

ПРИНЦИПЫ РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ СССР ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

5-й выпуск сводного тома монографии «Гидрогеология СССР» посвящен инженерно-геологическому районированию территории нашей страны и выявлению закономерностей формирования современных инженерно-геологических условий, определяющих степень освоения тех или иных регионов. Метод решения поставленной задачи заключался в анализе геологического строения территории СССР, выявлении особенностей тектонического развития отдельных ее регионов и инженерно-геологическом районировании этой территории.

Основой инженерно-геологического районирования территории СССР является анализ истории геологического развития тектонических регионов, характеризующихся индивидуальными чертами формирования и наличием присущих только им сочетаний геологических формаций, а также состава и свойства комплексов горных пород.

Инженерно-геологическое районирование территории СССР проведено по трем таксономическим единицам: 1) регионы, выделяемые по тектоническому признаку; 2) области — по геоморфологическому; 3) районы, соответствующие распространению геолого-генетических комплексов горных пород.

В пределах территории СССР выделены регионы I и II порядков. Регионы I порядка обозначены заглавными буквами от А до У. Внутри их по сходству тектонического формирования выделено 72 региона II порядка, которые подразделяются на 169 геоморфологических областей.

Последующим элементом районирования являются районы, отвечающие геолого-генетическим комплексам горных пород (рисунок).

Инженерно-геологические условия территории СССР, будучи предопределены всем ходом геологического развития земной коры, складывались под воздействием не только тектонического развития, но и под влиянием климатических факторов, оледенений и неотектонических движений.

Под закономерностями формирования инженерно-геологических условий выделенных выше региональных тектонических подразделений понимается комплекс непрерывно сменяющих друг друга процессов геологического развития отдельных ее частей, сформировавших их современный инженерно-геологический облик, т. е. наличие, распространение и взаимоотношение формаций дочетвертичных пород и геолого-генетических комплексов четвертичных отложений, слагающих данную территорию. К главнейшим факторам, сформировавшим эти условия, относятся в первую очередь: тектонические — ход развития отдельных участков земной коры, определяющий отложения пород различного состава, их сочетание и условия залегания; геоморфологические — современный облик рельефа; гидрогеологические; и, наконец, геодинамические, связанные с условиями развития преобладающих современных геологических процессов с учетом ландшафтно-климатической зональности.

В настоящей работе используются следующие термины.

Инженерно-геологический регион — тектонический регион, характеризующийся сочетанием конкретных формаций и комплексов горных пород с определенными инженерно-геологическими свойствами, геоморфологией, гидрогеологией, климатическими условиями и современными геологическими процессами.

Выделяются регионы первого порядка: платформенного режима, регионы кайнозойского развития, регионы срединных массивов, регионы завершенной складчатости и регионы геосинклинального режима.

Внутри регионов первого порядка выделяются регионы второго порядка по геолого-структурным признакам. Например, Балтийский щит и т. п. Внутри регионов (по геоморфологическим признакам) выделяются области.

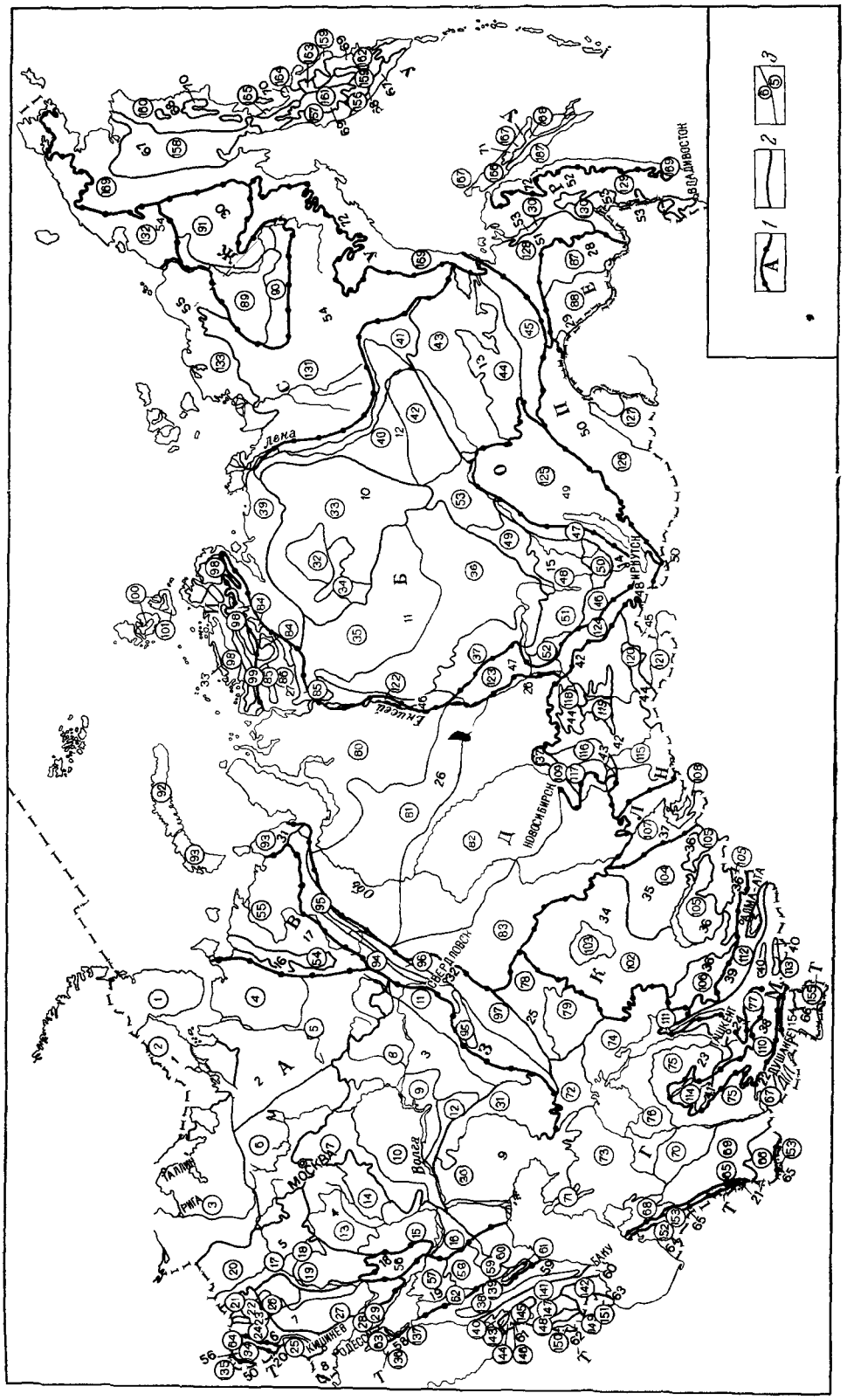
Формация, по Н. С. Шатскому, — естественная ассоциация горных пород, отдельные части которых парагенетически связаны между собой как в возрастном (переслаивание, последовательность), так и в пространственном отношении.

Формации четвертичных отложений — сонахождение определенного набора генетических типов горных пород, объединенных общими геолого-структурными, геоморфологическими и зонально-климатическими условиями их формирования, тесно связанными с неотектоникой и оледенениями.

Геолого-генетический комплекс — совокупность горных пород определенного петрографического (литологического) состава, характеризующаяся конкретным генезисом, возрастом и определенной физико-географической обстановкой ее образования.

В соответствии с классификацией пород (В. А. Приклонский, И. В. Попов, Е. М. Сергеев, П. И. Панюков, Л. Д. Белый) все горные породы подразделяются на три инженерно-геологические группы:

1) с жесткими связями — скальные; 2) с жесткими и без жестких связей — полускальные в сочетании с рыхлыми; 3) без жестких связей — рыхлые.


А
1
2
3
Лена
Волга
Москва
Иркутск
Новосибирск
Владивосток
Ташкент
Баку
Рига
Таллин
Кишинев
Одесса
Хабаровск
Комсомольск
Якутск
Братск
Ангарск
Красноярск
Омск
Челябинск
Свердловск
Пермь
Казань
Горький
Куйбышев
Саратов
Ростов
Воронеж
Тула
Калуга
Смоленск
Минск
Брест
Львов
Ужгород
Ивано-Франковск
Тернополь
Хмельницкий
Житомир
Винница
Черновцы
Кировоград
Полтава
Сумы
Харьков
Днепропетровск
Запорожье
Симферополь
Севастополь
Керчь
Феодосия
Ялта
Евпатория
Николаев
Херсон
Одесса
Измаил
Белгород
Курск
Орел
Брянск
Тверь
Ярославль
Вологда
Архангельск
Мурманск
Петрозаводск
Сыктывкар
Ухта
Воркута
Салехард
Норильск
Игарка
Дудинка
Тикси
Якутск
Магадан
Петропавловск-Камчатский
Южно-Сахалинск
Хабаровск
Комсомольск-на-Амуре
Благовещенск
Чита
Улан-Удэ
Иркутск
Братск
Ангарск
Красноярск
Абакан
Кемерово
Новокузнецк
Барнаул
Бийск
Горно-Алтайск
Омск
Тюмень
Челябинск
Курган
Свердловск
Пермь
Ижевск
Киров
Йошкар-Ола
Чебоксары
Казань
Ульяновск
Горький
Саранск
Пенза
Куйбышев
Оренбург
Саратов
Волгоград
Астрахань
Ростов
Воронеж
Липецк

Схематическая карта инженерно-геологического районирования территории СССР (Составили: М. В. Чуринов, И. М. Цыпина, В. П. Лазарева)

Границы *1* — регионов первого порядка и их индекс, *2* — регионов второго порядка и их номер, *3* — геоморфологических областей и их номер

Регионы платформенного режима

А. Русская платформа. 1 — Балтийский щит* 1 — горы с плоскогорьями,** 2 — денудационные равнины
2 — склон Балтийского щита и Московская синеклиза 3 — денудационные плато северо запада с ледниковым рельефом, 4 — низкие структурные плато с ледниковым рельефом, 5 — Волго-Двинское плато (Северные увалы), 6 — Смоленско Клинско Дмитровское возвышенное плато
3 Волго Уральская антеклиза 7 - аллювиальные низменные равнины, 8 — плато высокого Заволжья, 9 — равнины низкого Заволжья, 10 — Приволжская возвышенность, 11 — Предуральский пенеплен и Уфимское плоскогорье, 12 — Общий Сырт
4 — Воронежская антеклиза и Приволжская моноклиналь 13 — Средне-Русская возвышенность, 14 — Окско-Донская эрозионно аккумулятивная равнина, 15 — южная часть Приволжской и Калачской возвышенностей, 16 — Ергенинское плато
5 — Прогиб Большого Донбасса, северные и западные склоны Украинского кристаллического щита 17 — моренно-зандровая равнина Киевского полесья, 18 — аллювиально-зандровая равнина Черниговского полесья, 19 — Приднепровская равнина, 20 — Припятско-Днепровская озерно-аллювиальная равнина
6 — Волыно-Подольская плита и Галицко-Волынская впадина 21 — аллювиально зандровые равнины Волынского полесья, 22 — Волынская возвышенность, 23 — аллювиальная равнина Малого полесья, 24 — Подольская возвышенность, 25 — Бессарабская возвышенность
7 - Украинский кристаллический щит 26 — аккумулятивно зандровая равнина Житомирского полесья, 27 — Азово-Приднепровская возвышенность
8 — Причерноморская впадина 28 — Азово Причерноморская низменность, 29 — Присивашье
9 — Прикаспийская синеклиза 30 — Прикаспийская низменность, 31 — Предуральское плато, южный и западный склоны Общего Сырта
Б. Сибирская платформа. 10 — Анабарская антеклиза и ее склоны 32 — Центрально-Анабарское эрозионно тектоническое плато, 33 — Анабаро Оленекское структурно-денудационное плато, 34 — Попигайская и Муруктинско Аганылийская водно ледниковые аккумулятивные равнины
11 — Тунгусская синеклиза 35 — Северо-Тунгусское структурно-денудационное лавовое плато, 36 — Южно Тунгусское структурно денудационное плато
37 — Вельминское эрозионно денудационное плато, 38 — водно-ледниковая эрозионно аккумулятивная равнина
12 — Вилюйская синеклиза с Приверхоянским и Хатангским прогибами 39 — Лено Анабарская и Хатангская равнины с Анабаро Оленекской низменностью, 40 — Приверхоянские аккумулятивные равнины, 41 — денудационные предгорные равнины, 42 — Лено Вилюйская аккумулятивная равнина
13 — Алданский щит и его северные и южные склоны 43 — Лено Алданское структурно денудационное пластовое плато и равнины, 44 — Алданское нагорье 45 — горные хребты Становика, Джугджура и Прибрежного с Верхне Зейской равниной
14 — Иркутско-Черемховская впадина и Прибайкальский прогиб 46 — Иркутско Черемховское структурно денудационное плато, 47 — денудационный пенеплен Прибайкальского предгорного прогиба
15 — Ангаро-Ленский прогиб и Ангаро-Каиская впадина 48 — Манзурское плато, 49 — Непа Туигусское плато, 50 — Ангаро Ленское плато
51 — Ангаро Чуно Бирюсинское плато, 52 — Канская водно ледниковая эрозионно-аккумулятивная равнина 53 — Ангаро-Вилюйское плато

Регионы нойлогенного развития

В. Большеземельские. 16 — Тиман 54 — Канино-Тиманское низкогорье с ледниковыми и морскими равнинами
17 — Печорская синеклиза 55 — Печорская ледниковая равнина

Г. Скифско-Туранские. 18 — Восточная часть прогиба Б Донбасса 56 — Донецкий кряж
19 — Скифская плита, Индоло-Кубанский и Терский предгорные прогибы 57 — Приазовская эолово делювиальная лессовая равнина, 58 — Ставропольская возвышенность, 59 — эолово-делювиальная лессовая равнина Восточного Предкавказья, 60 — Прикаспийская аллювиально морская равнина, 61 — Терско Сунженское низкогорье, 62 — Прикубанская наклонная равнина и наклонная равнина Восточного Предкавказья 63 — эолово делювиальная равнина Степного Крыма
20 — Предкарпатский краевой прогиб 64 — Предгорная равнина
21 — Предкопетдагский и Восточно-Туркменский прогибы 65 — Предкопетдагская предгорная наклонная равнина 66 — предгорье Парапамиза
22 — Южно-Таджикская межгорная впадина 67 — Горные гряды с поверхностями выравнивания, разделенные аллювиально пролювиальными равнинами
23 — Туранская плита 68 — Заусбойское низкогорье и плато (Туаркырские куэсты и Красноводское плато), 69 — центральные низменные Кара Кумы, 70 — Заунгузские возвышенности Кара Кумов, 71 — Мангышлакское низкогорье и плато, 72 — Иргиз Челкарское столово останцовая равнина, 73 — плато Устюрт, 74 — песчаная равнина Приаральских Кара Кумов, 75 — песчано-глинистая равнина Кызыл Кумов, 76 — аллювиальные и озерно-аллювиальные равнины рек Сырдарьи и Амударьи
24 — Ферганская межгорная впадина 77 — Наклонные аллювиально пролювиальные равнины Ферганы
25 — Тургайский прогиб 78 — Северная часть Тургайского плато с восточным склоном Мугоджар, 79 — Южная часть Тургайского плато (столово останцовая равнина)

Д. Обские. 26 — Западно-Сибирская плита 80 — равнины морских трансгрессий, 81 — водно-ледниковые равнины — Сибирские увалы, 82 — аллювиальные и аллювиально озерные равнины центральной части Западно Сибирской низменности 83 — наклонные равнины Казахстанского мелкосопочника

27 — Таймырский предгорный прогиб. 84 — Морские аккумулятивные равнины; 85 — ледниковые равнины; 86 — водно-ледниковые равнины.

Регионы срединных массивов

Е. Буреинский. 28 — Буреинский массив. 87 — горы и предгорье Буреинского массива
29. Зейско-Буреинские и Амуро-Зейские впадины. 88 — аккумулятивные равнины и плато.
Ж. Колымо-Омолонский. 30 — Колымский массив с Олойской впадиной и Зырянским прогибом. 89 — озерно-аллювиальные равнины Колымо-Алазайской низменности (южная и юго-восточная части); 90 — складчато-глыбовые эрозионно-тектонические горы с равнинами межгорных впадин; 91 — Денудационные и структурные плоскогорья.

Регионы завершенной складчатости

З. Уральские. 31 — Новоземельско-Вайгачский и Пай-Хойский антиклинории. 92 — среднегорье с ледниками (северная и центральная части Новой Земли); 93 — среднегорье с ледниками северной части о. Новая Земля и холмистые равнины и низкогорье южной части о. Новая Земля, о. Вайгач и Пай-Хой.
32 — Уральская складчатая система. 94 — остаточные горы западного склона Урала; 95 — остаточные горы осевой части Урала; 96 — остаточные горы восточного склона Урала; 97 — пенеплен восточного склона Урала.

И. Таймырские. 33 — складчатая зона Северной Земли и Таймыра. 98 — возвышенности, низкогорья и среднегорья Таймыра; 99 — озерно-ледниковые равнины; 100 — пластообразные возвышенности; 101 — прибрежно-морские равнины.
К. Казахстайские. 34 — Казахстанская складчатая зона. 102 — Казахстанский денудационный пенеплен и низкогорье; 103 — Тенгизская равнина.
35 — Джунгаро-Балхашская геосинклинальная зона. 104 — Джунгаро-Балхашские эрозионно-денудационные разновысотные горы.
36 — Межгорные впадины кайнозойские: Балхаш-Илийская, Алакуль-Эмельская и палеозойская Чуйская. 105 — аллювиально-пролювиальные равнины; 106 — аллювиальная и аридно-денудационная равнина (Чуйская).
Л. Зайсанские. 37 — Зайсанские геосинклинальная и Томь-Колыванская складчатые зоны. 107 — Зайсанские разновысотные горы; 108 — Зайсанская равнина; 109 — денудационный пенеплен Томь-Колывани.
М. Тянь-Шаньские. 38 — Южно-Тяньшаньская складчатая зона. 110 — эрозионно-денудационные разновысотные горы с ледниковой и нивальной обработкой; 111 — аридно-денудационные пластовые равнины.
39 — Складчато-глыбовые структуры Северного Тянь-Шаня. 112 — разновысотные горы Северного Тянь-Шаня
40 — Межгорные впадины (кайнозойские и мезозойские) (Таласская, Иссык-Кульская, Аксайская, Алайская). 113 — аллювиально-пролювиальные равнины.
41 — Кызыл-Кумское поднятие. 114 — низкогорья с аллювиально-пролювиальными равнинами.
Н. Алтае-Саянские. 42 — Складчатые зоны Кузнецкого Алатау и Западного Саяна. 115 — Алтае-Саянские разновысотные эрозионно-тектонические горы.
43 — Салаирская складчатая зона с Кузнецким прогибом. 116 — денудационно-тектонические равнины Кузбасса; 117 — денудационно-складчато-глыбовые горы Салаира, Горной Шории и Алтая
44 — Чулымо-Енисейская, Минусинская и Тувинская впадины. 118 — Чулымо-Енисейская озерно-аллювиальная равнина; 119 — аккумулятивные равнины, куэстовые гряды Минусинской впадины; 120 — Тувинская межгорная котловина.
45 — Тувино-Монгольский массив. 121 — Тувинское нагорье.
О. Байкальские. 46 — Хайтайско-Рыбинское и Турухайское поднятие. 122 — эрозионно-тектонические низкогорья.
47 — Енисейская антеклиза. 123 — Енисейское денудационное низкогорье. 48 — Складчатая зона Восточного Саяна и Хамар-Дабана.
124 — эрозионно-тектонические высокогорья Восточного Саяна и Хамар-Дабана. 49 — Байкало-Витимская складчатая зона. 125 — Забайкалье и Патомо-Мамское разновысотное нагорье с межгорными впадинами.
П. Монгольские. 50 — Монгольская складчатая система (Селенгинская Даурия, Яблоновый хребет и Олекма-Витимское плоскогорье). 126 — Селенгино-Олекминские разновысотные горы; 127 — Шилка-Аргунская денудационная равнина.
Р. Сихотэ-Алиньские. 51 — Джагдино-Тукурингрский и Хингано-Буреинский антиклинории. 128 — средне-низкогорье с Удской равниной.
52 — Сихотэ-Алиньский антиклинорий. 129 — средне-низкогорье Сихотэ-Алиня.
53 — Средиеамурская, Эворино-Чукчагирская и Ханкайская впадины. 130 — Средиеамурская и Эворино-Чукчагирская аллювиальные равнины с Приханкайской низменностью.
С. Верхоянo-Чукотские. 54 — Верхоянo-Чукотская складчатая зона с Охотским массивом. 131 — структурно-денудационное тектоническое высокогорье и пенеплены; 132 — эрозионно-тектоническое средне-низкогорье с морскими аккумулятивными равнинами.
55 — Приморская Верхиехеиикеиская брахисинклиналь. 133 — Аккумулятивные, озерно-аллювиальные равнины.

Регионы геосинклинального режима

Т. Альпийские. 56 — Карпатская складчатая зона. 134 — Карпатское среднегорье.
57 — Закарпатская межгорная впадина. 135 — Закарпатская низменность.
58 — Крымский мегаантиклинорий. 136 — Крымское среднегорье; 137 — эрозионно-денудационные равнины Керченского полуострова.
59 — Мегаантиклинорий Большого Кавказа. 138 — высокогорье Большого Кавказа; 139 — средне-низкогорье Большого Кавказа.
60 — Закавказский межгорный прогиб. 140 — Колхидская низменность; 141 — эрозионно-тектонические средне-низкогорья Закавказского межгорного прогиба; 142 — Куринская низменность.
61 — Аджаро-Триалетская складчатая система. 143 — Гурийское нагорье; 144 — Аджаро-Имеретинское средне- и высокогорье; 145 — Триалетское средне- и высокогорье; 146 — Ахалцихская и Гурийская межгорные депрессии. 62 — Мегантиклинорий Малого Кавказа. 147 — внешние и внутрен-

ТИПИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ СССР ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

Выполненное инженерно-геологическое районирование территории СССР показало не только пестроту инженерно-геологических условий в ее пределах, но и выявило общность разрозненных между собой регионов. Это и послужило основой для последующей разработки типизации территории СССР в инженерно-геологических целях.

Учитывая, что горные породы являются определяющим фактором в оценке инженерно-геологических условий, в типизации были использованы: общая инженерно-геологическая классификация пород Е. М. Сергеева, В. А. Приклонского, П. Н. Панюкова, Л. Д. Белого и метод формационного анализа, впервые предложенный И. В. Поповым.

Научной основой типизации территории СССР является разделение ее на типы горных пород, различающиеся между собой по характеру связи, составу и состоянию, что с учетом ландшафтно-климатической зональности определяет направленность развития главнейших геологических процессов.

Анализ закономерностей формирования инженерно-геологических условий территории СССР позволил для целей ее типизации объединить слагающие ее многочисленные сочетания горных пород в две группы и восемь типов пород.

В первую группу вошли три типа пород:

Первый тип — с кристаллизационными или упругими аморфными связями, к которым относятся магматические, метаморфические и вулканогенно-осадочные породы.

Второй тип — с упругими кристаллизационными или аморфными и пластичными коллоидными связями, к которым относятся терригенные, флишевые и молассовые породы.

Третий тип — с упругими кристаллизационными или аморфными связями и пластичными коллоидными связями, к которым относятся карбонатные, терригенно-карбонатные и соленосные породы.

Вторая группа без жестких связей включает пять типов горных пород:

ине хребты Малого Кавказа; 148 — Армянское вулканическое нагорье; 149 — южные хребты Малого Кавказа; 150 — Среднеараксинская аккумулятивная равнина. 63 — Талышский антиклинорий. 151 — разновысотные структурно-денудационные горы Талыша.
64 — Закаспийская впадина. 152 — Закаспийская низменность.
65 — Копет-Даг, Балхаш и Парапамиз. 153 — среднегорье и низкогорье Копет-Дага и Парапамиза.
66 — Складчатая зона Памира и Куэнь-Луня (Памиро-Алайское поднятие). 154 — высокогорье Памира; 155 — нагорье Памира.
У. Тихоокеанские. 67 — Западно-Камчатский, Пенжинский, Анадырский прогибы. 156 — Большерецкая озерно-аллювиальная равнина;
157 — Тигильская денудационная равнина; 158 — Пенжино-Анадырская низменность. 68 — Корякско-Камчатская антиклинальная зона: 159 — Эрозионно-тектоническое высокогорье; 160 — эрозионно-тектоническое среднегорье.
69 — Зона вулканических излияний Камчатки 161 — Срединное вулканическое нагорье; 162 — Восточное вулканическое нагорье.
70 — Центрально-Камчатский прогиб. 163 — Центрально-Камчатская межгорная низменность; 164 — Кавыренская межгорная аккумулятивно-денудационная равнина; 165 — Карагинская аккумулятивная равнина.
71 — Складчатая зона Сахалина. 166 — Северо-Сахалинская равнина; 167 — западные и восточные хребты Центрального и Южного Сахалина и горы п-ова Шмидта; 168 — Тымь-Поронайская, Сусуманская низменности.
72 — Краевой Охотско-Чукотский и Приморский вулканические пояса. 169 — эрозионно-денудационные горы и лавовые плоскогорья.

* Регионы (цифры на карте).
** Области (цифры на карте в кружках).

Четвертый тип — глинистые породы с пластичными, преимущественно с коллоидными связями (морские, моренные, водно-ледниковые, элювиальные, делювиальные, пролювиальные, аллювиальные, озерные).

Пятый тип — лёссовые породы с пластичными, преимущественно структурными коллоидными и водными связями (элювиальные, делювиальные, пролювиальные, аллювиальные, водно-ледниковые, озерные, эоловые).

Шестой тип — глинистые и песчаные породы с мелкообломочными с коллоидными и слабыми связями (аллювиальные, озерно-аллювиальные).

Седьмой тип — глинистые породы с крупнообломочными с коллоидными связями и без них (моренные, флювиогляциальные).

Восьмой тип — песчаные и мелкообломочные породы без связей (аллювиальные, эоловые).

Инженерно-геологические особенности выделенных типов горных пород характеризуются следующими показателями:

I тип скальных горных пород характеризуется очень высокими прочностными показателями, нерастворимостью в воде, развитием глинистой и глинисто-обломочной коры выветривания, экзогенной и тектонической трещиноватостью, водопроницаемостью только по трещинам с наличием ультрапресных грунтовых вод в верхней трещиноватой зоне выветривания мощностью до 250 м. Типично развитие многолетнемерзлых пород, широко развиты линзы льда. Характерна общекислотная и выщелачивающая агрессивность подземных вод.

II—III типы скальных с полускальными горных пород характеризуется, как правило, слоистостью, менее высокой прочностью, трещиноватостью, развитием карстовых, трещинных и пластовых вод. Характерна гидрокарбонатная и выщелачивающая агрессивность подземных вод. III тип выделяется по растворимости.

IV тип — глины пластичные, сжимаемые, набухающие, размокаемые, слабо водопроницаемые с повышенной влажностью, высокой пористостью, практически водоупорны, содержат линзы подземных минерализованных вод с местными напорами, интенсивно размываются и оползают. В зоне многолетней мерзлоты развито пучение, термокарст и наледи.

V тип — лёссовые, пылеватые, водопроницаемые, пластичные, интенсивно размокают, просадочные, макропористые, высококарбонатные.

VI тип — глинистые и песчаные с мелкообломочными, высокопористые, сжимаемые, часто содержат органо-минеральные образования, с близким залеганием подземных вод, нередко обладающих общекислотной агрессивностью. Облессованные с поверхности в аридной зоне. Насыщены линзами льда в зоне многолетней мерзлоты. Характерно заболачивание и заторфованность.

VII тип — глинистыес крупнообломочными. Уплотненные, неотсортированные, с низкой пористостью, практически несжимаемые, слабо водопроницаемые, способствующие формированию болот и озер. В зоне многолетней мерзлоты с линзами и прослоями льда.

VIII тип — песчаные и мелкообломочные. Высокопористые, слабосжимаемые, неотсортированные, водопроницаемые. Характерно развевание и движение песков. В зоне многолетней мерзлоты с линзами и прослоями льда.

Важным фактором для инженерно-геологической оценки выделенных типов горных пород территории СССР является характеристика их состояния, определяющая направленность развития геологических процессов: трещиноватость, мерзлотность, закарстованность, макропо-

ристость, просадочность, развеваемость, размываемость, уплотненность, заболоченность.

Типизация территории СССР закономерно увязывается с инженерно-геологическим районированием, объединяя отдельные подразделения последнего в более крупные типы территории.

Типизация объединяет всё многообразие горных пород, представленных на территории СССР, намечая пути разработки нормативных документов, норм, инструкций и методик для рентабельного проведения инженерно-геологических работ в пределах развития каждой из упомянутых категорий.

Настоящая типизация, выполненная для инженерно-геологической оценки крупной территории страны, основана на принципе объединения горных пород по характеру связи между частицами, слагающими породу. Типизация является научной основой для общей оценки главнейших показателей инженерно-геологических условий освоения территории СССР на стадии планирования размещения промышленных, гидротехнических и других инженерных комплексов.

УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

На основании имеющегося фактического материала, а также анализа главнейших природных факторов выявляются условия образования современных геологических процессов.

В томах указанной монографии как количественная, так и прогнозная оценка развития геологических процессов отсутствует.

Связь ландшафтно-климатической зональности с районированием для инженерно-геологических целей впервые находит отражение в работах Н. И. Николаева, И. С. Комарова, С. В. Викторова, Е. С. Мельникова и др. Нами сделана попытка выявить закономерности развития геологических процессов с учетом ландшафтно-климатических зон, состава слагающих их пород, особенностей рельефа на фоне новейших тектонических движений. В соответствии с этими условиями на территории СССР нами выделены следующие четыре ландшафтно-климатические зоны: 1) материкового оледенения; 2) внеледниковая; 3) зона пустынь и полупустынь и 4) зона гор и нагорий. Развитие многолетнемерзлых пород учитывается в трех зонах.

В пределах первой зоны — материкового оледенения на территории новейших устойчивых опусканий с преимущественным развитием ледниковых, морских, аллювиальных и флювиогляциальных равнин, сложенных в основном глинисто-песчаными отложениями с включением органо-минеральных отложений, созданы условия для развития процессов заболачивания, заторфовывания и возникновения по долинам рек оползневых процессов.

В области многолетнемерзлых пород наряду с вышеуказанными процессами развиты солифлюкция, пучение, термокарст, талики и наледи.

На территории преимущественно слабых новейших поднятий той же зоны распространены ледниковые, озерные и флювиогляциальные песчано-глинистые отложения. Здесь созданы условия для развития оползневых, эрозионных, развальных и карстовых процессов.

В области многолетнемерзлых пород развиты процессы термокарста, снежные лавины, курумы, осыпи, обвалы и солифлюкция.

Во второй — внеледниковой зоне на территории устойчивых опусканий с преимущественным развитием озерно-аллювиальных и аккумулятивных водно-ледниковых равнин, сложенных лёссовидными и облессованными породами различного генезиса, созданы условия для развития

заболачивания, оползневых, подовых, глубоких карстовых, эрозионных, а на морских побережьях — абразионных процессов. В области многолетней мерзлоты в пределах этой зоны на аккумулятивных равнинах, сложенных песчано-глинистыми, озерно-аллювиальными и озерными отложениями, дополнительно развиваются процессы пучения, термокарста и льдистости. На территории преимущественно слабых новейших поднятий в пределах этой же зоны с развитием структурно-денудационных равнин и денудационного пенеплена, сложенных песчано-глинистыми элювиально-делювиальными, местами облессованными четвертичными отложениями, подстилаемыми близко залегающими породами терригенной, терригенно-карбонатной и карбонатной формаций, развиты просадочные подовые, эрозионные, оползневые и карстовые процессы

В области многолетнемерзлых пород на структурно-денудационных плато наблюдаются термокарстовые, солифлюкционные, карстовые, суффозионные, эрозионные, оползневые и селевые процессы.

В третьей зоне — зоне пустынь и полупустынь, прослеживаемой на юге страны, на территории устойчивых опусканий в области развития аккумулятивно-морских и аллювиальных равнин, сложенных преимущественно песчано-глинистыми отложениями, получили развитие процессы развевания и засоления. На территории же слабых новейших поднятий в области развития структурно-денудационных равнин, плато и денудационного пенеплена, сложенных преимущественно породами терригенно-карбонатной формации и перекрывающих их песчаных эоловых отложений, сформировались условия для широкого развития карстовых и оползневых процессов, а также засоления и выдувания.

На территориях развития эффузивно-осадочной, осадочной, вулканогенной и интрузивной формаций, слагающих денудационный пенеплен, созданы условия для развития интенсивного выветривания, эрозии и засоления.

В четвертой — зоне гор и нагорий, в пределах территории устойчивых опусканий земной коры, в межгорных и внутригорных впадинах, в области распространения пролювиально-делювиальных наклонных равнин, а также аллювиальных и озерно-аллювиальных равнин, где широко развиты песчано-глинистые, облессованные и глинисто-песчаные отложения, сформировались условия для широкого развития эрозионных, селевых, оползневых и просадочных процессов, а также процессов заболачивания.

В области развития многолетнемерзлых пород на территориях распространения плосковолнистых, водно-ледниковых и морских равнин, сложенных аллювиальными и озерно-аллювиальными отложениями, а также породами молассовой формации, созданы условия для активного возникновения и широкого распространения термокарстовых процессов, наледей, пучения и солифлюкции.

На территории преимущественно слабых новейших поднятий этой же зоны, в области развития пород интрузивных, эффузивных, флишевых, терригенно-карбонатных и молассовых формаций, слагающих денудационный пенеплен и плато на складчатом основании, а также денудационные равнины, развиты процессы выветривания, эрозии, осыпей, обвалов, а также заболачивания и абразии морских берегов. В пределах этой же зоны, в области развития многолетнемерзлых пород в пределах денудационных равнин и плато, сформированных на породах молассовых и флишевых формаций широким развитием пользуются процессы пучения, термокарста, и абразионные.

На территории относительного прогибания этой же зоны, среди устойчивых поднятий в пределах развития аккумулятивных и денудаци-

онных равнин, наблюдается развитие заболачивания, а также просадочные и суффозионные явления. В области развития многолетнемерзлых пород распространены наледи, пучения и термокарст. На площадях развития вулканических гор и плато, сложенных породами молассовых и вулканогенных формаций, перекрытых местами рыхлыми четвертичными (в том числе морскими) образованиями и продуктами процессов современного вулканизма, наблюдаются подмыв берегов и цунами.

На территории устойчивых интенсивных поднятий, сложенных породами терригенной, терригенно-карбонатной, флишевой, карбонатной и осадочно-эффузивной формации, созданы условия для развития снежных лавин, эрозионных, оползневых, селевых, обвальных, осыпных, карстовых, а на побережье — абразионных процессов. В области многолетнемерзлых пород развит комплекс мерзлотных процессов.

На горах и нагорьях (на кристаллическом основании), сложенных породами метаморфических и интрузивных формации, наблюдаются условия для развития курумов, осыпей и обвалов. Наконец, на территории развития вулканических гор и нагорий широко развиты россыпи, курумы, обвалы и осыпи, а в области развития многолетнемерзлых пород — комплекс мерзлотных процессов.

В пределах развития вулканических гор и плато, сложенных вулканогенными, эффузивно-осадочными и молассовыми формациями, имеются условия для широкого развития современного вулканизма, землетрясений, цунами вдоль побережья, наледей и пучения, а также снежных лавин на высоких отметках, осыпей и обвалов.

Наконец, в пределах структурно-денудационных равнин, плато и гор, сложенных породами эффузивной и интрузивной формаций, развиты наледи, пучения, солифлюкционные, обвальные, осыпные, а вдоль побережий, абразионные процессы.

Освещение прогноза современных геологических процессов, которые могут наблюдаться и активизироваться при инженерном освоении различных районов страны, направлено на повышение требовательности к учету данных явлений при проектировании крупных сооружений и постановке детального их изучения.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНОВ ПЛАТФОРМЕННОГО РЕЖИМА

А. РЕГИОНЫ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Русская, или Восточно-Европейская, платформа, занимая территорию европейской части СССР, по разломам и прогибам ограничивается складчатыми системами: на северо-востоке Тиманской, на востоке и юго-востоке Уральской и на юге — предгорными прогибами Карпато-Кавказской части Альпийской складчатой зоны. Платформенные условия установились здесь с начала палеозоя и сохранились в настоящее время. Кристаллический складчатый фундамент платформы слагают архейские и протерозойские формации метаморфических и интрузивных пород. Кровля фундамента вследствие блокового перемещения различных амплитуд и знаков по разломам располагается на различных глубинах. В трех пунктах, в антеклизах Балтийской, Воронежской и Азово-Подольской она приподнята до поверхности земли. В центральной части платформы кровля фундамента опущена до 2—3 км, местами достигая 7 км, например в Уральском краевом прогибе. Чехол фундамента слагается слабо дислоцированной толщей преимущественно осадочных пород, разли ной мощности. В структуре чехла выделяются четыре яруса, связанные с последовательной перестройкой ее тектонического плана

Первый ярус — позднепротерозойский, сложенный песчано-глинистыми породами терригенной формации, локализующейся в узких прогибах, имеет мощность свыше 1000 м.

Второй — мощностью до 1500 м, сложенный породами терригенной и вулканогенной формаций верхнего докембрия, нижнего и среднего кембрия, карбонатной формацией ордовика и силура, а также песчано-глинистыми отложениями терригенной формации нижнего девона, выполняет субширотные впадины в северо-западной части платформы.

Третий, отвечающий времени интенсивного погружения почти всей платформы и дальнейшего развития окружающих геосинклинальных прогибов и их инверсии, охватывает отрезок времени от среднего девона до среднего триаса.

В это же время формировались отложения преимущественно терригенных, карбонатных и соленосных формаций, достигшие мощности около 3000 м. Наибольшее погружение при этом испытала территория Прикаспийской синеклизы и Приуральского прогиба.

Четвертый — верхний (от среднего триаса до современной эпохи включительно) представлен отложениями терригенной и карбонатной формации. Наибольшее погружение при этом испытали южная и западная части Русской платформы, что было связано с интенсивными движениями в Скифско-Туранской зоне и Альпийской геосинклинали.

История геологического развития Русской платформы распадается на четыре этапа.

В начальный этап формирования чехла Русской платформы предполагается общее поднятие денудационной поверхности фундамента по разломам древнего заложения, сопровождавшееся возникновением узких прогибов северо-восточного и северо-западного направления, расчленивших фундамент на отдельные крупные блоки. Одновременно стали развиваться и примыкающие геосинклинальные зоны. Тиман, по-видимому, к концу этапа превратился в складчатую систему.

Во второй этап (с начала позднего докембрия до раннего девона) оконтурилась центральная депрессия, состоящая из Балтийской и Московской синеклиз и Пачелмского прогиба, ограниченных с юга и юго-востока местными поднятиями. Трансгрессирующее море заполнило опустившуюся территорию, где отложились толщи осадочных пород.

В третьем этапе (с начала среднего девона до раннего триаса) окончательно оформился современный структурный план Русской платформы. Украинский щит по разломам отделился от Воронежской антеклизы широким прогибом Большого Донбасса, где отложились толщи угленосных формаций. По разломам глубоко опускалась южная часть Волго-Камского блока с образованием Прикаспийской синеклизы. Вдоль Уральской системы с запада сформировались впадины Приуральского краевого прогиба, и меньшие по масштабу узкие прогибы внутренней части платформы: Пачелмский и др.

В заключительный этап (триас — антропоген) темп прогибания на значительной части платформы замедлился и только по ее окраинам продолжалось интенсивное опускание.

Климат Русской платформы характеризуется признаками континентальности: теплым летом и холодной снежной зимой. Однако большая протяженность Русской платформы позволяет выделить на ней площади, резко различные в климатическом отношении.

На северо-западе климат умеренный, континентально-морской. Большое влияние на него оказывают окружающие моря Белое и Баренцево с теплым течением Гольфстрим.

Среднегодовая температура воздуха изменяется от 0° С на Мурманском побережье до +3° С на побережье Ладожского озера. Самым

холодным месяцем является февраль, со среднегодовой температурой —3° С на Кольском полуострове и до —13° С на юге Карелии. Самые теплые месяцы июль — август, среднемесячная температура которых колеблется от +12 до +16° С. Наибольшее годовое количество осадков в горах — 800—1000 мм, на юге Карелии — 500—600 мм и на побережье Белого моря — 300—400 мм. Максимальная средняя высота снежного покрова наблюдается в феврале — марте — 50—60 см на равнине и 180—200 см в горах.

Преобладают южные и юго-западные ветры, с мая по август — северные. Среднемесячная скорость ветра изменяется от 2,8 до 6 м/с, наибольшая скорость их отмечается зимой.

Климат *западной* части Русской платформы является переходным от морского к континентальному.

Средняя максимальная температура наблюдается в июле и составляет 14,5—17,5°.

Среднегодовое количество атмосферных осадков на морском побережье составляет 500—600 мм, а на возвышенностях до 800 мм.

Более двух третей всех осадков выпадает в теплое время года. После зимнего минимума количество осадков колеблется от 15 до 50 мм, с апреля эта величина заметно возрастает, а в июле достигает своего максимума от 60 мм (на побережье Балтийского моря и Рижского залива) до 100 мм и более. Преобладают ветры западного и юго-западного направления.

В центральной части Русской платформы климат умеренно континентальный с возрастанием континентальности к юго-востоку. В этом же направлении увеличивается среднегодовая температура воздуха от 6—7° до 7—9° С. Среднегодовое количество осадков колеблется от 600 до 400 мм, максимум осадков летом, минимум зимой.

На юго-востоке в Прикаспийской впадине среднегодовое количество осадков достигает 200—100 мм и господствующим направлением ветров является юго-восточное; исключение составляют летние месяцы, когда преобладают западные ветры. Скорость ветра изменяется от 3,5 до 6,2 м/с, достигая 20 м/с.

Сухость воздуха, постоянно дующие сильные ветры, малое количество осадков и высокие летние температуры создают благоприятные условия для интенсивного испарения влаги.

В гидрографическом отношении Русская платформа делится на две части: территорию, имеющую сток в океан, и бессточную. К бассейну Северного Ледовитого океана относятся системы рек, впадающих в Баренцево (Печора и др.) и Белое море (Северная Двина, Онега, Мезень). К Балтийскому бассейну относятся Нева, Неман и Западная Двина. В Черное море впадают Днепр, Южный Буг, Днестр и Дунай, в Азовское море — Дон. Бессточная территория в основном входит в бассейн р. Волги.

В южной части Русской платформы речная сеть развита интенсивнее, чем в Прикаспийской низменности. Реки равнинной части территории имеют меандры и плесы. Течение их плавное с падением порядка 7—12 см на 1км (0,00007—0,00012).

Продолжительность ледостава на реках Русской платформы колеблется от двух на юго-западе до семи месяцев на крайнем северо-востоке. Коэффициент стока постепенно изменяется от 10% на юге до 60% на севере.

Распространение озер приурочено к северо-западу. Самыми крупными и глубокими из них являются Ладожское, Онежское, Чудское, Ильмень и Белое озеро.

Изменения климата с географической широтой и удаленностью от моря отражается в резкой смене почв и растительности. Типы почв и растительность приурочены к ландшафтно-климатическим зонам. Для тундровых почв характерны сильная заболоченность и карликовая растительность. В пределах пояса хвойных и смешанных лесов развиты подзолистые почвы, формирующиеся главным образом на моренных и флювиогляциальных отложениях.

В зоне лесостепи, в ее северной части обнаруживается ряд переходных стадий к черноземам. К югу от мощных черноземов проходит полоса степных черноземов, в которых содержание гумуса заметно уменьшается в связи с большой скудностью травяного покрова (ковыльно-разнотравная степь). Полоса каштановых почв достигает широкого развития на юго-востоке Русской равнины, где наблюдается сухой климат с жарким летом.

Полупустынная Прикаспийская низменность отличается довольно сильной солонцеватостью. Здесь солонцы и солончаки чередуются с сыпучими эоловыми песками.

Регион 1. Балтийский щит. В пределах Балтийского щита выделяются две крупные структурно-тектонические единицы: срединный консолидированный массив беломорско-архейских складчатых структур и массив карельских нижне- и среднепротерозойских складчатых структур (карелид).

Антиклинальные зоны сложены в основном гранитами архейского и протерозойского или гнейсами архейского возраста, синклинальные — сильно метаморфизованными осадочно-вулканогенными породами архея, нижнего и среднего протерозоя.

В пределах региона выделяются две геоморфологические области: горы с плоскогорьями и денудационные равнины.

Горы с плоскогорьями сложены сиенитами, габбро-диоритами палеозойского и протерозойского возраста. Самые высокие горы Хибинские до 1191 м и Ловоозерские до 1126 м. Понижения между горами выполнены ленточными глинами, озерно-ледниковыми песками и супесями, мощность этих отложений составляет 5—10 м. В области развиты абразионные процессы по восточному берегу Кольского полуострова, оползни в г. Кемь, а с ледниковыми отложениями в северной части связаны пучение и солифлюкция. Имеется большое количество озер.

Денудационные равнины широко распространены на юге Карелии и на юго-востоке Кольского полуострова. Здесь широко развито заболачивание. Поверхность равнин волнистая, сложена моренными холмами и грядами с относительной высотой от 3—5 до 30—50 м.

Абразионные цокольные равнины прослеживаются вдоль побережья Баренцева моря. Плоская поверхность местами расчленена густой сетью узких и глубоких долин рек, имеющих форму каньонов, часть из которых заканчивается у моря фиордами. К морю равнины обрываются крутым уступом высотой от 20 до 100 м.

В пределах региона развиты: болотные, морские, озерные, аллювиальные, элювиально-делювиальные, озерно-ледниковые, моренные и флювиогляциальные отложения, подстилаемые метаморфическими, вулканогенно-осадочными или интрузивными породами.

Болотные отложения имеют широкое распространение в восточной части Кольского полуострова. Они представлены торфом до глубины 1,5—2 м слабо уплотненным, плохо разложившимся, глубже — более плотным с большей степенью разложения и зольности. Средняя мощность торфа 2—3 м, реже 7—8 м.

Торф имеет объемную массу 0,95—1,05 г/см^3, плотность 1,35—1,7 г/см^3; коэффициент сжимаемости $23 \cdot 10^{-7}$—$50 \cdot 10^{-7}$ м^2/н, давление на породы в воздушно-сухом состоянии 10^5 н/м^2, во влажном — $0{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2. Грунтовые воды залегают на глубине 0—0,5 м, реже 1—1,5 м.

Морские отложения распространены в основном по берегу Белого моря и представлены комплексом преимущественно мелкозернистых песков мощностью 5—10 м с глинами, иловатыми суглинками и илами мощностью от 5 до 15 м.

Плотность мелкозернистых песков 2,6—2,7 г/см^3; объемная масса в рыхлом состоянии 1,3—1,33 г/см^3, в уплотненном 1,65—1,69 г/см^3, коэффициент пористости 0,64—1,45, давление $1{,}5 \cdot 10^5$—$2 \cdot 10^5$ н/м^2. Использование этих пород в качестве основания под крупные сооружения требует специальных инженерных мероприятий.

Озерные отложения представлены комплексом супесей и песков, относящихся к инженерно-геологической группе пород — песчаных со связными. Они распространены вдоль побережья больших озер — Ладожского, Онежского, Имандра, Умбозеро и др.

Физико-механические свойства изменяются в широких пределах: естественная влажность супесей составляет 40—80%, объемная масса 1,2—1,8 г/см^3; коэффициент пористости 0,8—1,5; коэффициент сжимаемости $0{,}1 \cdot 10^{-5}$—$0{,}2 \cdot 10^{-5}$ м^2/н.

Породы обладают высокой влажностью, пористостью и сжимаемостью. Давление на них не превышает 10^5—$1{,}25 \cdot 10^5$ н/м^2. Сооружения возводимые на этих породах, могут давать значительные и неравномерные осадки.

Аллювиальные отложения представленные комплексом песчаных, и песчаных пород со связными, распространены по долинам рек Поноя, Варзуги, Кеми и др.

Пески мелкозернистые, реже средне- и крупнозернистые, иногда с прослоями и линзами суглинков, супесей и глин.

Порода водонасыщена, уровень подземных вод находится на глубине 0,1—5 м. Воды неагрессивные. Давление для песков не превышает $2 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^5$ н/м^2. Для заиленных и глинистых пород давление составляет 10^5 н/м^2. В долинах рек Поноя, Кеми наблюдается подмыв берегов, а по склонам долины развиты оползни и обвалы.

Элювиально-делювиальные отложения представлены комплексом, относящимся к группе песчаных пород с обломочными, а иногда грубообломочными.

Породы обладают плотным сложением, давление составляет $3 \cdot 10^5$—$4{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2.

Россыпи грубообломочных пород могут быть использованы в качестве балластного материала.

Моренные отложения состоят из комплекса песков, легких супесей и пылеватых суглинков, с включением обломочных пород, процент содержания которых колеблется от 10—15 до 50%.

Мощность отложений на участках развития холмисто-моренного рельефа варьирует от 0,5—3 до 30—50 м. Песчаные породы обводнены на глубине 1—5 м, на повышенных участках рельефа до 10—20 м. Воды безнапорные, реже слабонапорные, неагрессивные. Коэффициент фильтрации мелкозернистых песков 0,9—5,4 м/сут, супесей 0,017—0,58 м/сут.

Физико-механические свойства пород следующие: для песков плотность 2,6—2,7 г/см^3; объемная масса мелкозема в рыхлом состоянии 1,3—1,53 г/см^3, в уплотненном 1,8—2,06 г/см^3. Объемная масса скелета грунта в условиях естественного залегания 2,0—2,9 г/см^3. Там, где в составе породы преобладают гравий, галька и валуны, объемная масса

скелета равна 2,2 г/см³, коэффициент фильтрации 0,5—3 м/сут. В естественном залегании пески обладают плотным сложением, давление от $2{,}5 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^5$ н/м². Суглинки имеют объемную массу 1,9—2,3 г/см³, объемная масса скелета 1,5—1,67 г/см³, естественная влажность 10—15%. Суглинки пластичной и мягкопластичной консистенции имеют давление $1{,}5 \cdot 10^5$—$2 \cdot 10^5$ н/м², суглинки тугопластичной консистенции — $2{,}5 \cdot 10^5$—$3{,}5 \cdot 10^5$ н/м².

Озерно-ледниковые отложения относятся к группе связных пород. Они представлены комплексом ленточных глин суглинков мощностью 6—12 м; давление до $1{,}5 \cdot 10^5$ н/м². Подземные воды залегают на глубинах от 5 до 20 м, воды местами напорные, слабо минерализованные, неагрессивные.

Флювиогляциальные отложения сложены комплексом разнозернистых кварц-полевошпатовых гравелистых песков с линзами галечника. Отложения слагают зандровые равнины и основные гряды длиной от 5 до 20 км, шириной 0,1—0,5 км, высотой до 20—50 м.

Подземные воды залегают на глубине до 5 м на равнинных участках и 10—20 м на озовых грядах. Воды безнапорные, неагрессивные.

Коэффициент фильтрации песков до 20—30 м/сут.

Физико-механические свойства песков: плотность 2,60—2,70 г/см³; объемная масса в рыхлом состоянии 1,3—1,5 г/см³; в уплотненном 1,7—1,9 г/см³, угол естественного откоса сухого грунта 33—37°, под водой 28—32°, давление $3{,}5 \cdot 10^5$—$4{,}5 \cdot 10^5$ н/м².

Породы метаморфических формаций архейского возраста представлены комплексом гнейсов, кварцито-песчаников, сланцев, песчаников, гравелитов и конгломератов. Эти комплексы слагают водораздельные пространства Карельской АССР и северо-восточной части Кольского полуострова. Подземные воды в зоне открытой трещиноватости, как правило, ненапорные, неагрессивные.

Физико-механические свойства гнейсов следующие: предел прочности воздушно-сухой породы $1372 \cdot 10^5$—$1609 \cdot 10^5$ н/м², водонасыщенной $1158 \cdot 10^5$—$1453 \cdot 10^5$ н/м². Породы отнесены к группе скальных пород.

В зоне выветривания и трещиноватости прочность гнейсов снижается до $6 \cdot 10^7$—$8 \cdot 10^7$ н/м².

В метаморфических породах верхнепротерозойского возраста встречаются песчаники с пределами прочности $473 \cdot 10^5$—$1250 \cdot 10^5$ н/м² и конгломераты с пределами прочности $6 \cdot 10^7$—$12 \cdot 10^7$ н/м².

Породы вулканогенно-осадочных формаций представлены комплексом метадиабазов, метапорфиритов, порфиритов, филлитов, туфов с кристаллическими сланцами, кварцитами, реже доломитами и известняками, нижне- и верхнепротерозойского возраста. Эти отложения слабо трещиноваты до глубины 150—200 м.

Породы данной формации обладают высокими пределами прочности от $12 \cdot 10^7$ до $16 \cdot 10^7$ н/м², которые в зоне выветривания снижаются до $6 \cdot 10^7$—$8 \cdot 10^7$ н/м².

Породы интрузивных формаций имеют широкое распространение на территории региона и представлены комплексом гранитов, гнейсо-диоритов, габбро-диабазов, пироксенитов, перидотитов и сиенитов архейского, протерозойского и палеозойского возраста. По своим свойствам эти образования относятся к скальным и характеризуются слабой трещиноватостью до глубины 100—500 м.

Подземные воды пресные, неагрессивные, безнапорные и редко напорные. Пределы прочности гранитов в воздушно-сухом состоянии $1797 \cdot 10^5$—$2100 \cdot 10^5$ н/м², при водонасыщении $1614 \cdot 10^5$—$2041 \cdot 10^5$ н/м².

Породы данной формации используются в качестве каменно-строительных материалов и облицовочных декоративных поделок.

Инженерно-геологические условия Балтийского щита определяются широким развитием четвертичных отложений мощностью от 5—10 м на севере до 100—125 м на юге, подстилаемых близко залегающим от поверхности кристаллическим фундаментом. Озерно-болотные и озерно-ледниковые образования насыщены водой, с ними связаны оползни. В тонкозернистых песчаных прослоях ледниковых отложений при вскрытии строительных котлованов и выемок часто возникают плывунные явления.

Дочетвертичные породы все скальные, они обеспечивают надежные условия для строительства любых видов сооружений, и при оценке их прочности будет оказывать влияние лишь степень их трещиноватости и выветрелости. Однако вследствие значительной нарушенности кристаллических пород фундамента и их морозного выветривания местами могут возникать осыпи, обвалы и оползни-блоки. В горах развиты снежные лавины. С неглубоким залеганием подземных вод в четвертичных отложениях связано широкое распространение заболачивания. В зоне развития многолетнемерзлых пород наблюдается пучение и солифлюкция.

Регион 2. Склон Балтийского щита и Московская синеклиза. Регион характерен постепенно углубляющимся к югу и юго-востоку залеганием кровли докембрийского фундамента, во впадине которого расположена Московская синеклиза с мощной толщей осадочных дочетвертичных пород, перекрытых четвертичными отложениями, преимущественно валдайского и днепровского оледенений.

Регион включает следующие геоморфологические области: 1) денудационного плато северо-запада с ледниковым рельефом; 2) низких структурных плато с ледниковым рельефом; 3) Волго-Двинского плато (Северные увалы); 4) Смоленско-Клинско-Дмитровского возвышенного плато (ледниковые равнины, конечные морены и полесья).

Область денудационного плато северо-запада с ледниковым рельефом представляет собой обширную поверхность с развитием холмов, сложенных моренными суглинками с валунами. Широко развиты котловины с болотами и озерами. По долинам рек наблюдаются оползни.

Область низких структурных плато с ледниковым рельефом представляет собой всхолмленные равнины или плато, разделенные глубокими и широкими низинами с плоскими заболоченными водоразделами, сильно расчлененными речными долинами. Плато высотой 80—150 м ограничено крутыми обрывами и террасами и расчленено глубокими каньонами.

Беломорско-Кулойское, Мценско-Двинское, Сухоно-Двинское плато сложены преимущественно пермскими мергелями, песчаниками, известняками, в северной части региона перекрытыми моренными суглинками, а в южной флювиогляциальными песками мощностью до 1—5 м.

Плато сравнительно мало заболочено, так как сдренировано густой речной сетью. Долины узкие и глубоко врезанные. По долинам рек развиты оползни.

Область Волго-Двинского плато (Северные увалы) представляет собой пологоволнистую плоскую равнину с отметками от 230—250 до 270—318 м.

Плато сильно заболочено и расчленено густой сетью рек.

Область Смоленско-Клинско-Дмитровского возвышенного плато характеризуется отметками от 150 до 250 м и глубиной расчленения от 50—75 до 100—135 м. На северо-востоке область заболочена. Наиболее широко развиты: морские, ледниковые,

флювиогляциальные, озерно-ледниковые, аллювиальные, озерные и болотные отложения; формации дочетвертичного возраста преимущественно карбонатные, терригенные.

Морские отложения представлены комплексом песков, супесей и суглинков с галькой. Мощность комплекса колеблется от 40—50 до 150 м.

Пески разнозернистые с пористостью 42—45%, объемной массой скелета 1,45 г/см^3.

Коэффициент сжимаемости в интервале давлений 10^5—$2 \cdot 10^5$ н/м^2 равен $11 \cdot 10^{-7}$—$4 \cdot 10^{-7}$ м^2/н. Супеси относятся к слабым грунтам с давлением до 10^5—$2 \cdot 10^5$ н/м^2.

Использование этих пород в качестве основания сооружений требует применения специальных инженерных мероприятий.

Подземные воды безнапорные обладают преимущественно выщелачивающей, реже общекислотной и только в отдельных случаях углекислотной агрессивностью.

Ледниковые отложения валдайского оледенения широко развиты в регионе. Общая мощность морен не превышает 5—10 м, возрастая в области границы распространения до 50—80 м. Морена представлена суглинками, местами с большим количеством гравия, гальки и валунов и реже с линзами песков и глин.

Давление суглинков $2 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^5$ н/м^2, а суглинков пластичной консистенции $1{,}5 \cdot 10^5$—$2 \cdot 10^5$ н/м^2.

Моренные суглинки практически безводные.

Подземные воды имеют спорадическое распространение в линзах песков и супесей. Воды безнапорные, иногда с местным напором до 3 м, неагрессивные.

Показатели физико-механических свойств характеризуются следующими величинами. Коэффициент сжимаемости в интервале давлений 10^5—$2 \cdot 10^5$ н/м^2 равен $12 \cdot 10^{-8}$—$14 \cdot 10^{-8}$ м^2/н, что характеризует суглинки как сжимаемые. Объемная масса суглинков 1,9—2,3 г/см^3; коэффициент пористости 0,487—0,880; угол внутреннего трения 20—32°; сцепление $0{,}1 \cdot 10^5$—$0{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2. Суглинки местами способны к пучению. Фундаменты рекомендуется закладывать ниже зоны сезонного промерзания.

Ледниковые отложения московского оледенения развиты в южной части региона. Они представлены комплексом неоднородных песчанистых плотных суглинков, супесей с большим количеством гравия, гальки, валунов и линзами мелкозернистых и среднезернистых песков.

Суглинки характеризуются естественной влажностью 7—22%, объемной массой 1,85—2,40 г/см^3. Верхний предел пластичности колеблется от 18 до 37%, нижний — от 11 до 24%. Число пластичности 7—13.

Подземные воды комплекса имеют спорадическое распространение с местным напором. Они развиты преимущественно на глубине 5—20 м.

Мощность моренного покрова возрастает к югу границы московского оледенения до 3—5 м, а иногда до 10 м, по составу они становятся более песчаными.

Ледниковые отложения днепровского оледенения распространены в юго-западной части региона и представлены комплексом (суглинки песчаные, реже супеси и глины с большим количеством гравия и гальки). Мощность изменяется от 1 до 60 м, обычно 10—15 м. Суглинки тяжелые характеризуются влажностью 8—13%, пористостью 22—23%, объемной массой 1,86—2,07 г/см^3, плотностью 2,69—2,71 г/см^3.

Величины давлений, допускаемых для суглинков, достигают $6 \cdot 10^5$ н/м^2.

Подземные воды местами с напором встречаются спорадически в виде разобщенных линз, залегающих на различных глубинах до 20—40 м. Воды обладают выщелачивающей агрессивностью.

Флювиогляциальные отложения представлены комплексом (пески тонкозернистые, местами пылеватые, с прослоями гравия, галечников и валунов). Они развиты на водораздельных участках Днепра, Десны, а также в бассейнах рек Волги, Москвы и Клязьмы. Подземные воды залегают на глубине от 1 до 7 м на водоразделах, агрессивностью не обладают.

Породы данного комплекса являются надежным основанием для сооружений с давлением до $3{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2.

Озерно-ледниковые отложения представлены комплексом ленточных глин и суглинков, чередующихся с пылеватыми глинами.

Физико-механические свойства пород следующие: естественная влажность 30—50%; объемная масса 1,6—1,9 г/см^3; коэффициент пористости 0,8—1,3; угол внутреннего трения 12—20°; сцепление $0{,}05 \cdot 10^5$ н/м^2, давление $1{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2. Среднее значение коэффициента фильтрации низкое. Ленточные глины в открытых котлованах легко размокают и теряют свою структурную прочность. Модуль осадки для ленточных глин очень велик и составляет 30—60 мм/м.

Аллювиальные отложения представлены комплексом песков, супесей с галькой мощностью от 2 до 10 м.

Пески характеризуются естественной влажностью в пределах 1—8% при пористости 38—48%. Объемная масса равна 1,49—1,65 г/см^3. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,2 до 2,1 м/сут, плотность 2,65—2,69 г/см^3.

Подземные воды встречаются на глубине от 0 до 10 м, обладают выщелачивающей, реже общекислотной и углекислотной агрессивностью. По склонам долин рек на этих отложениях развиты оползни

Озерные отложения представлены комплексом песков, супесей, суглинков, развитых в местах расширения речных долин.

Болотные отложения состоят из торфов с суглинками мощностью от 2—3 до 5—6 м. Комплекс насыщен водой с глубины 0,0—0,5 м. Коэффициент фильтрации торфа 0,35 м/сут. Воды имеют углекислотную агрессивность.

В данном регионе четвертичные породы выходят на поверхность небольшими участками вдоль склонов современных долин.

Терригенные формации состоят из комплексов пород морского и континентального генезиса.

Комплексы неогенового, палеогенового, мелового и юрского возраста залегают на глубинах от 2 до 40 м. Комплекс кембрийских глин залегает на глубине от 5—7 до 30—50 м и выходит на поверхность в северо-западной части региона в Прибалтике. Кембрийские синие глины каледонского структурного этажа терригенной формации представлены плотными разностями, обладающими высокой несущей способностью

Основные физико-механические показатели их следующие: плотность 2,63—2,86 г/см^3; объемная масса 2,10—2,31 г/см^3; естественная влажность 10—27%; коэффициент пористости 0,3—0,7; давление $3 \cdot 10^5$—$6 \cdot 10^5$ н/м^2. Сухость и водостойкость глин обеспечивают успешное проведение котлованных работ. Синие глины можно считать надежным основанием для сооружений, в том числе и для тяжелых.

К данной формации относится и комплекс среднедевонских отложений, представленных песчаниками, алевритами и уплотненными песками.

Физико-механические свойства пород следующие: плотность песков и песчаников колеблется от 2,65 до 2,70 г/см^3, объемная масса рыхлого песка 1,10—1,40 г/см^3, уплотненного 1,55—1,75 г/м^3. Коэффициент фильтрации песков, определенный лабораторным способом, меняется от $1{,}1 \cdot 10^{-2}$ до $3{,}8 \cdot 10^{-4}$ см/с.

Карбонатные формации представлены комплексом известняков, доломитизированных известняков, мергелями, гипсами и глинами девона, силура и ордовика. Они залегают на глубинах от 4—10 до 60—65 м. Карбонатные формации относятся к каледонскому и герцинскому структурным этажам. Карбонатные породы ордовика и силура выходят на поверхность в северной и центральной частях Эстонии, а девона на территории Латвии и Литвы.

Плотность карбонатных пород составляет 2,70—2,89 г/см^3; объемная масса 2,5—2,6 г/см^3, иногда более 2,7 г/см^3; пористость известняков и доломитов 3—10%, мергелистых разностей 20%; средняя величина водопоглощения 1—4%; пределы прочности при сжатии мергелей в воздушно-сухом состоянии $0{,}2 \cdot 10^8$—10^8 н/м^2. Глинистые прослойки и мергели в известняках и доломитах характеризуются следующими показателями: естественная влажность 12%; объемная масса 2,22 г/см^3; угол внутреннего трения 22°; величина сцепления $0{,}4 \cdot 10^5$ н/м^2.

Подземные воды трещинно-карстовые, залегают на глубинах более 10 м, неагрессивные.

Породы устойчивы и пригодны для строительства любых сооружений. Исключение составляют известняки, подверженные процессам карстообразования.

При строительстве сооружений может возникнуть опасность обрушения кровли карстовых пустот, а при подземных работах — прорыва подземных вод в выработки. Давления для песков среднего девона могут быть приняты $3 \cdot 10^5$—$5 \cdot 10^5$ н/м^2. Песчаники трещиноватые. Пески и песчаники водоносны и воды обладают напором.

Инженерно-геологические условия склона Балтийского щита и Московской синеклизы определяются широким распространением ледниковых, озерных и болотных отложений. Территории, сложенные моренными и флювиогляциальными песками, обладающими хорошей несущей способностью, пригодны в качестве оснований для любых сооружений. При строительстве на аллювиальных отложениях потребуются инженерные мероприятия на участках близкого залегания подземных вод и активно растущих оврагов. При гидротехническом строительстве следует учитывать возможность фильтрационных потерь.

Ленточные глины обладают высокой сжимаемостью и характеризуются развитием оползневых процессов, а при водонасыщении нередко способны к пучению. Заболоченные и заторфованные участки занимают большие территории, ограничивая освоение региона.

Регион 3. Волго-Уральская антеклиза. Регион отличается большой сложностью строения. В его пределах развита система местных впадин и поднятий различного возраста: Токмовское поднятие (северо-запад), Вятский, Камский и Жигулевский валы (восток и юг), а также прогибы Ульяновско-Саратовский и Мелекесский. Кровля фундамента залегает здесь на глубине от 1600 (валы) до 2500 м (прогибы).

Платформенный чехол сложен формациями осадочных пород от среднего девона до верхней перми. Во впадинах развит нижний триас, юра, мел.

Волго-Уральская антеклиза является сложным поднятием, сформированным тектоническими движениями и отличным от прилегающих участков Русской платформы. В образовании осадочного чехла участ-

вуют породы варисцийского, альпийского и современного структурных этажей.

По геоморфологическому признаку в регионе выделяются шесть областей: 1) аллювиальные низменные равнины; 2) плато Высокого Заволжья; 3) равнина Низкого Заволжья; 4) Приволжская возвышенность; 5) Предуральский пенеплен Уфимского плоскогорья и 6) Общий Сырт.

Область аллювиальных низменных равнин характеризуется плоскоравнинной поверхностью с высотами от 70—140 м. Местами эти равнины заболочены, долины, как правило, широкие с характерной асимметрией склонов: с крутыми правыми и пологими левыми склонами.

Область плато Высокого Заволжья имеет абсолютные отметки в северной и восточной частях 300 м, а в южных до 100—120 м. Наибольшие отметки на Верхне-Камской возвышенности достигают 331 м, а на Елабушской — 256 м. Плато сложено терригенными породами татарского, казанского и уфимского ярусов, а также аллювиальными и флювиогляциальными отложениями. К гипсам, ангидритам и известнякам приурочен карст.

Область равнины Низкого Заволжья протягивается вдоль левого берега Волги. В неоген-четвертичное время здесь накопилась мощная толща речных, озерных и морских осадков. Для равнины характерно ступенчатое строение поднимающегося рельефа с запада на восток от русла р. Волги к склонам Высокого Заволжья. Территория области интенсивно заболочена.

Область Приволжской возвышенности представляет собой приподнятую эрозионно-денудационную возвышенность вдоль правобережья Волги с наибольшими абсолютными отметками 220—377 м. В северной и восточной частях — это слабо всхолмленная равнина высотой 160—180 м. Густота овражно-балочной сети достигает 0,6—0,8 км на 1 км^2.

В области развиты терригенные породы татарского яруса перми, юры, нижнего мела, палеогена и элювиально-делювиальные лессовидные отложения. По долинам развиты оползни. Область расчленена овражно-балочной сетью.

Область Предуральского пенеплена Уфимского плоскогорья имеет ступенчатое строение с террасами высотой над меженным уровнем р. Волги 12—16 и 18—20 м и более. Здесь широко развита овражная эрозия (густота овражно-балочной сети составляет в среднем 0,2 км на 1 км^2). Карст, особенно активно проявляющийся на Самарской Луке, связан с выщелачиванием пород верхнего палеозоя.

Область Общего Сырта представляет собой денудационно-эрозионный рельеф, интенсивно расчлененный речной и овражно-балочной сетью. Сырты ориентированы в меридиональном и широтном направлениях и имеют абсолютные отметки 200—360 м. Характерно асимметричное строение склонов речных долин. Склоны водоразделов к речным долинам крутые и высокие, изрезанные балками и растущими оврагами, с развитием оползневых процессов.

В регионе развиты комплексы четвертичных образований аллювиального, флювиогляциального и элювиально-делювиального генезиса, а также терригенные и карбонатные формации дочетвертичных пород.

Аллювиальные отложения, слагающие террасы, представлены комплексом суглинков и песков, широко развитых по долинам рек Волги, Камы и Вятки.

Аллювий малых рек отличается большой глинистостью. Мощность аллювия от 18—20 до 60—80 м, местами аллювий перекрыт делювиальными суглинками мощностью от 0,5 до 3 м. Пески плотные и средней плотности, плотность 2,60—2,70 г/см^3; объемная масса 1,68—2,00 г/см^3. Глинистые породы мягко-тугопластичные, преобладают среднеплотные, плотность 2,67—2,70 г/см^3; объемная масса 1,60—1,80 г/см^3; число пластичности 6,3—34,9; естественная влажность от 15 до 30%. Глубина залегания подземных вод колеблется от 1—15 до 20 м, воды обладают гидрокарбонатной, иногда общекислотной, агрессивностью. С аллювиальным комплексом отложений связано заболачивание поверхности надпойменных террас и оползневые подвижки отдельных участков берегов.

Флювиогляциальные отложения представлены комплексом песков. Они развиты на водоразделе р. Чепцы и в верховьях Камы и Вятки. Мощность песков 5—12 м на севере и 2—40 м на юге.

Элювиально-делювиальные образования сложены комплексом суглинков, реже супесей и глин. Глины пылеватые и карбонатные с содержанием пылеватых частиц 70%. Мощность всех этих отложений изменяется от 2—3 до 15 м.

Элювиально-делювиальные суглинки имеют плотность 2,69 г/см^3; объемную массу 1,95—1,99 г/см^3; естественную влажность 15,3—20,3%; предел пластичности 8,40—16,1; пористость 40—39%; полную влажность 21—24,2%.

Элювиально-делювиальные лессовидные суглинки мощностью 15—20 м распространены на правобережье р. Волги и Оки между городами Горьким и Чебоксарами. Толща лёссовидных суглинков практически безводна. Местами на незначительной глубине от поверхности встречается верховодка. Лёссовидные суглинки обладают просадочными свойствами, которые с глубиной исчезают. Коэффициент относительной просадочности этих суглинков 0,001—0,01. Коэффициент сжатия суглинков при давлении 10^5—$2 \cdot 10^5$ н/м^2 составляет $3{,}1 \cdot 10^{-7}$—$32 \cdot 10^{-7}$ м^2/н.

Породы терригенной формации представлены комплексом песчано-глинистых отложений верхней перми. Он состоит из переслаивания песчаных, неизвестковистых и слабоизвестковистых глин, алевролитов и тонкозернистых песчаников и известняков. Вверх по разрезу карбонатность увеличивается. Глины полутвердые и твердые, при влажности 24—26% мягкие, тугопластичные; объемная масса глин 2,01—2,20 г/см^3; пористость 30—40%, плотность 2,72—2,75 г/см^3. Естественная влажность алевролитов 8,8—14,69%; объемная масса 2,11—2,27 г/см^3; пористость — 25—32%; плотность 2,74—2,75 г/см^3. Содержание $CaCO_3$ в песчаниках колеблется от 9 до 15%. Прочность породы разных прослоев неодинакова, плотность 2,73 г/см^3; объемная масса 2,21—2,26 г/см^3, пористость 27—30%. Известняки крепкие с прожилками кварцита в кровле, в подошве они переходят в известковистые глины.

Подземные воды залегают на глубине более 10 м и являются неагрессивными.

С данными породами связаны оползни, обвалы и сплывы на склонах речных долин. Формы и размеры смещений различные в зависимости от характера склона, степени выветрелости и увлажнения пород подземными и поверхностными водами.

Породы терригенно-карбонатной формации представлены комплексом верхнемеловых и палеогеновых мергельно-меловых пород, содержащих прослои глин, опок и глауконитовых песков.

Писчий мел имеет объемную массу 1,9—2,2 г/см^3, коэффициент пористости 0,66—0.85, пределы прочности при сжатии в сухом состо-

нии 10^6—$17{,}5 \cdot 10^6$ н/м^2. Под длительным воздействием воды он способен переходить в пластичное состояние.

Опоки имеют плотность 2,31—2,39 г/см^3, объемную массу 1,30—1,41 г/см^3, пористость около 44%.

Грунтовые воды залегают на глубине свыше 10 м и являются неагрессивными.

Породы карбонатной формации представлены комплексом казанского яруса верхней перми, распространенным по долинам рек. В состав комплекса входят: известняки, доломиты, мергели и глины с прослойками гипса. По составу и свойствам эти отложения относятся к группе скальных с пластичными. Они легко подвергаются выветриванию. В инженерно-геологическом отношении породы мало изучены, площадь распространения их ограничена.

Инженерно-геологические условия региона Волго-Уральской антеклизы определяются широким развитием близко залегающих к поверхности терригенных отложений, обладающих высокими несущими показателями. Залегающие с поверхности лёссовидные эолово-делювиальные суглинки характеризуются слабой просадочностью, но интенсивно расчленены овражно-балочной сетью.

Освоение территории осложнено эрозионными процессами, развитием оползней по долинам рек, просадочностью лессовидных суглинков на водоразделах и наличием карста мергельно-меловых и гипсовых пород. На водохранилищах происходит интенсивная переработка берегов.

Регион 4. Воронежская антеклиза и Приволжская моноклиналь. Воронежская антеклиза представляет выступ кристаллического фундамента, перекрытого в центральной части чехлом осадочных пород малой мощности. Отложения смяты в синклинальные и антиклинальные складки и сильно метаморфизованы. Породы древних структурных этажей архейского и протерозойского возраста формировались в геосинклинальных условиях, а герцинского и альпийского — в платформенных. Падение слоев происходит от свода Воронежской антеклизы к его периферии.

В регионе можно выделить следующие четыре геоморфологические области: Средне-Русскую возвышенность, Окско-Донскую эрозионно-аккумулятивную равнину, южная часть Приволжской и Калачской возвышенностей и Ергенинское плато.

Средне-Русская возвышенность имеет наивысшие отметки от 260—280 м, с максимальной отметкой 310 м. Рельеф холмистый и холмисто-увалистый с амплитудой относительных превышений до 70—140 м. Густая сеть балок и речные долины сильно расчленили равнину, создав волнистый характер ее рельефа. Она сложена терригенными отложениями, перекрытыми лёссовидными суглинками.

Область Окско-Донской эрозионно-аккумулятивной равнины сильно изменена процессами денудации. Склоны речных долин прорезаны оврагами глубиной до 20 м, осложнены оползнями. На междуречьях наблюдаются суффозионные явления и просадки в лёссовых породах с диаметром блюдец до 40—50 м и глубиной 0,5—1,0 м.

Суффозионные процессы развиты в лёссовидных породах вблизи вершин растущих оврагов и промоин, а также за бровками склонов балок и оврагов.

Область южной части Приволжской и Калачской возвышенностей имеет пологоволнистый рельеф с абсолютными отметками до 200—245 м. Глубина расчленения местности 100—120 м.

Центральная часть Приволжской возвышенности представляет собой область развития сильно приподнятых денудационных равнин-плато неогенового возраста со слабым овражным расчленением и широким развитием оползней на приволжском склоне.

Калачская возвышенность, приуроченная к наиболее высокой части Хоперской моноклинали, представляет собой приподнятую аккумулятивную равнину верхнеплиоценового возраста с многочисленными останцами более древней денудационной поверхности. Возвышенность сложена терригенными отложениями, перекрытыми делювиальными суглинками.

Ергенинское плато является денудационно-аккумулятивной равниной с абсолютными отметками от 100 до 220 м. Она сложена терригенными песчано-глинистыми отложениями, перекрытыми делювиальными суглинками и супесями.

В пределах данного региона можно выделить следующие геолого-генетические типы и комплексы четвертичных отложений, мощность которых варьирует от 2—3 до 20—50 м.

Аллювиальные отложения представлены комплексом песчано-глинистых отложений: песками и галечниками, в верхней части глинами и суглинками, иногда с прослоями торфа и ила. Мощность комплекса изменяется от 2—10 до 25—30 м. Подземные воды залегают на глубине от 0 до 5 м.

Современные аллювиальные отложения Дона и других рек представлены разнозернистыми песками с линзовидными прослоями суглинков и глин. Глубина залегания подземных вод современных отложений р. Дона колеблется от 0,5 до 23 м.

Ледниковые отложения представлены комплексом пород днепровского оледенения. Он распространен в западной и восточной частях Средне-Русской возвышенности и представлен суглинками, супесями и глинами, местами с линзообразными прослоями разнозернистых, иногда глинистых песков. Мощность пород составляет 5—15 м, участками увеличиваясь до 30—40 м.

Подземные воды содержатся в линзах песка мощностью от 1 до 9 м, агрессивные. С породами комплекса связано заболачивание, а по склонам местами развиты оползни.

Флювиогляциальные отложения слагаются комплексом пород днепровского и московского оледенений. Он распространен на небольших участках водоразделов по долинам рек Воронежа, Цны и Десны и представлен песками тонкозернистыми, глинистыми, местами крупнозернистыми с гравием и галькой. Максимальная мощность достигает 35 м. Глубина залегания грунтовых вод примерно от 0 до 10 м.

Местами породы дренируются овражно-балочной сетью, например, по левобережью Дона и правобережью Воронежа.

Второй комплекс флювиогляциальных отложений слагает Окско-Донскую равнину. Он представлен суглинками с прослоями глин, супесей и песков с включением гравия и валунов. Мощность отложений изменяется от нескольких метров в речных долинах до 50 м на водораздельных пространствах.

Эолово-делювиальные отложения представлены комплексом лёссовидных пород, которые пользуются широким распространением, покрывая сплошным чехлом водоразделы, склоны речных долин и балок.

Суглинки лёссовидные, легкие пористые известковистые, тонкослоистые с включением гравия. Мощность комплекса меняется от 0,5—7 м на водоразделах до 40 м на склонах. Наименее однородны суглинки, залегающие непосредственно на морене.

Физико-механические свойства суглинков: плотность 2,66—2,80 г/см³; объемная масса 1,61—2,05 г/см³; естественная влажность 6,05—21%; число пластичности 7—20; пористость 33—48%; коэффициент фильтрации 0,012—0,89; угол внутреннего трения 14°—30°58′. Воды спорадически распространены в суглинках и залегают на глубине до 18 м.

Лёссовидные суглинки характеризуются просадочностью, приуроченной к водораздельным пространствам, что вызывает необходимость более тщательного их исследования. Формации дочетвертичных пород выходят на поверхность лишь узкими полосами по долинам рек.

Породы терригенной формации представлены комплексами, относящимися к группам песчаных и песчано-глинистых пород, неогенового, палеогенового и нижнемелового возраста, развитых в юго-западной и южной частях региона.

Комплекс кварцевых мелкозернистых и крупнозернистых песков с прослоями тонкопесчаных глин неогенового возраста имеет мощность 25 м. К этим отложениям приурочены подземные воды, залегающие на глубинах 5—10 м, не обладающие агрессивностью. Дебиты родников изменяются от 0,1 до 3 л/с. Развиты эоловые процессы, связанные с образованием дюн, обычно задернованных, редко развеваемых. Комплекс разнозернистых песков с прослоями глин имеет палеогеновый возраст.

Подземные воды залегают на глубинах 5—10 м и обладают общекислотной и сульфатной агрессивностью.

С выходами глинистых пород связаны многочисленные мелкие оползни, развитые по склонам речных долин и балок. Суффозия проявляется в основании склонов, вызывая тем самым подвижки на их верхней части.

Комплекс песков, переслаивающихся глинами и песчаниками мелового возраста распространен в верховьях р. Сосны и притоков Оки. Пески мелкозернистые, пылеватые, глинистые, иногда уплотненные до слабосцементированного песчаника. Глины плотные слюдистые, песчанистые с прослоями жирных.

Подземные безнапорные воды комплекса залегают примерно на глубине 10 м.

Комплекс глин келловей-кимериджских отложений (мощностью до 30 м) с прослоями алевролитов и песков выходит на поверхность в верховьях рек Оки и Сосны. Он представляет собой региональный водоупор. К данному комплексу приурочены оползневые явления, развитые по долинам рек и оврагов, а также в бортах карьеров и котлованов.

Породы карбонатной формации представлены комплексами отложений верхнего мела и верхнего девона, которые относятся к инженерно-геологическим группам полускальных и скальных пород с пластичными. Комплекс мергелей, известняков с прослоями глин и реже песков верхнего мела встречается вдоль склонов долин, местами перекрыт четвертичными отложениями и залегает на глубине до 10—15 м.

Подземные воды, приуроченные к мергелям верхнего мела распространены в юго-западной части региона. Они обычно безнапорные, неагрессивные, с глубиной залегания на водоразделах от 5 до 10 м и более. Карстовые процессы развиты в мергельно-меловых породах неравномерно, преимущественно и интенсивно проявляясь во внеледниковых областях, в виде воронок, иногда понор и карстовых блюдец, а также в виде высокой кавернозности и трещиноватости известняков. Диаметр карстовых воронок колеблется от 1—12 до 25—30 м при глубине до 20 м. Воронки часто сухие и лишь иногда дно их заболочено.

Комплекс мергельно-известковистых пород верхнедевонского возраста распространен в северной части региона, мощность его 20—30 м. Он состоит из трещиноватых доломитизированных известняков с прослоями глин, песков и песчаников.

Подземные воды залегают на глубинах более 10 м, воды безнапорные, неагрессивные.

В районе г. Орла встречены сульфатно-кальциевые воды, обладающие сульфатной агрессивностью. В породах данного комплекса широко развиты карстовые процессы с образованием воронок и пещер. Карстовые воронки имеют глубину от 1,5 до 10 м, диаметр от 10—15 до 50—100 м. Условия строительства в породах карбонатной формации вследствие их обводненности и закарстованности осложняются за счет деформаций основания склонов карьеров и выемок, а также притока воды в котлованы.

Инженерно-геологические условия региона Воронежской антеклизы и Приволжской моноклинали определяются холмистым, холмисто-увалистым рельефом, широким развитием терригенных и карбонатных пород, залегающих близко к поверхности и перекрытых ледниковыми отложениями. Регион расчленен густой сетью балок, оврагов и речных долин Освоение территории осложнено развитием эрозионных процессов, оползней и просадок, а также заболоченностью пониженных участков.

Регион 5. Прогиб Большого Донбасса, западный и северный склоны Украинского кристаллического щита. Регион представляет собой синклинальную структуру, сложенную в основании кристаллическими породами, имеющими блоковое строение, осложненное рядом поперечных разломов. Кристаллическое основание региона представлено породами метаморфической и интрузивной формаций, которые перекрыты мощной толщей осадочных пород палеозоя, мезозоя и кайнозоя.

В регионе выделяются четыре геоморфологические области: моренно-зандровая равнина Киевского полесья; аллювиально-зандровая равнина Черниговского полесья; Приднепровская и Припятско-Днепровская озерно-аллювиальная равнины.

Область моренно-зандровой равнины Киевского полесья расчленена широкими неглубоко врезанными речными долинами. Исключительную роль в строении равнины играют суглинисто-песчаные флювиогляциальные, моренные и моренно-зандровые отложения мощностью до 20—30 м, а на северо-востоке — торфяники, залегающие на осадочных породах палеогена. Значительную площадь занимают речные долины, выполненные аллювиальными отложениями мощностью 20—30 м. Рельеф области холмистый. На песчаных речных террасах и незакрепленных массивах зандровых и моренно-зандровых равнин прослеживаются эоловые формы, а в долинах рек — болотные массивы. Широко развиты овраги.

Область аллювиально-зандровой равнины Черниговского полесья расположена в пределах максимального оледенения и характеризуется пестротой геоморфологических условий. Здесь проходят крупные долины Днепра и Десны, широко развиты реликтовые долины, лёссовые острова, а также карстовые формы рельефа. Слагают область преимущественно песчаные и суглинистые аллювиальные и флювиогляциальные отложения, нередко перекрываемые лёссовидными суглинками и отдельными пятнами выходов меловых пород. Широко развито заболачивание, а в долине Десны на склонах, сложенных меловыми отложениями, — карст и развевание песков.

Область Приднепровской равнины разделяется Днепром на левобережную и правобережную части. На террасах Днепра

развиты аллювиально-флювиогляциальные песчаные и лёссовые отложения мощностью в несколько десятков метров. Развиты дюны, озерные впадины, старицы, просадочные блюдца на лёссовых плато, оползни на правом берегу Днепра, овражная сеть.

Область Припятско-Днепровской озерно-аллювиальной равнины расположена на севере региона. Она представляет собой обширную низменность, сложенную озерно-аллювиальными и аллювиальными отложениями. Низменная равнина сливается с надпойменными террасами рек Припяти и Днепра. Рельеф области плоский, равнинный, сглаженный с общим понижением в сторону рек Припяти и Днепра. Отметки поверхности колеблются от 140 м на севере до 100 м на юге. Сток слабый, что способствует развитию болот и заболоченных земель, которые занимают до 30—60% территории области. Отдельные возвышения сложены мореной (Мозырская возвышенность и др.). Развиты процессы заболачивания и развевания песчаных флювиогляциальных отложений.

В пределах региона наиболее широко развиты с поверхности разнообразные генетические типы четвертичных отложений.

В западной части на значительной территории распространены моренные отложения, представленные комплексом валунных, неслоистых суглинков, супесей и песков с глыбами, валунами, щебнем и галькой различных пород мощностью от 2—4 до 8—12 м, которые относятся к инженерно-геологической группе глинистых пород с крупнообломочными На отдельных участках отложения заболочены.

Аллювиально-флювиогляциальные отложения сложены комплексом разнозернистых песков с включениями суглинков мощностью в несколько десятков метров. Подземные воды заключены на глубинах до 10 м, а на севере до 5 м. Они обладают кислотно-выщелачивающей агрессивностью. Развито перевевание песков

Аллювиальные отложения представлены комплексом разнозернистых кварцевых песков мощностью до 20 м, содержащих прослои и линзы суглинков и супесей, которые залегают на размытой поверхности песчано-глинистых отложений палеогена и неогена. Подземные воды находятся на глубине от 5 до 10 м, агрессивностью не обладают. Характерно развевание песков

Торфяные отложения развиты главным образом на площадях реликтовой долины Замглай, моренно-зандровой равнины Киевского полесья и области Припятско-Днепровской низменной равнины. Мощность их 4 м. Они подстилаются песчано-суглинистым аллювием, залегающим на размытых породах палеогена и неогена. Характерным является заболачивание и неглубокое залегание подземных вод, обладающих выщелачивающей и общекислотной агрессивностью.

Лессовидный песчанисто-суглинистый комплекс наиболее широко распространен в регионе. Он состоит из двух (по Заморию) ярусов. Мощность нижнего яруса от 1,5 до 7 м, верхнего от 2 до 6 м. Залегают отложения на водно-ледниковых песках и морене, а на отдельных участках подстилаются дочетвертичными породами. В лёссах часто развита верховодка. С ними связаны также просадочность и оврагообразование. Лёссовый комплекс в пределах моренной террасы Днепра и на Полтавской равнине разделен ярусами. Мощность его колеблется от 12 до 30 м. Подземные воды, залегающие на глубине от 5 до 10 м, не обладают агрессивностью. С лёссами связаны просадочные явления, особенно в южной части равнины.

К прилегающим участкам речных склонов приурочены оползневые явления, развитию которых способствуют подземные воды, залегающие в лёссах Просадочные и эрозионные процессы в лёссовых отложениях

являются также неблагоприятными факторами, затрудняющими проведение строительных работ.

Инженерно-геологические условия региона в целом определяются плоскими водораздельными пространствами, широкими речными долинами с террасами, понижением поверхности с северо-востока на юго-запад (на 120 м), горизонтальным расчленением до 30 м, средними углами наклона от 0 до 1°, развитием просадочных явлений в лёссовых породах и оползней в речных долинах, неглубоким залеганием подземных вод.

Промышленно-гражданское и дорожное строительство может производиться, как правило, без предварительной инженерной подготовки, но в понижениях равнин следует учитывать близкое залегание подземных вод и сильную заторфованность, что потребует проведения комплекса мелиоративных работ по осушению территории.

Сооружение плотин и водохранилищ ограничено, так как для создания даже небольших напоров необходимо возведение дамб большой протяженности.

Регион 6. Волыно-Подольская плита и Галицко-Волынская впадина. В регионе выделяются две крупные структурные единицы: Волыно-Подольская плита, в сторону которой погружается кровля кристаллических пород фундамента, и Галицко-Волынская впадина, где кристаллический фундамент расположен на большой глубине. Кристаллический фундамент разбит здесь на блоки сложной системой разновозрастных разломов. Предполагают, что он сложен породами, однотипными с Украинским кристаллическим щитом.

В регионе выделяются пять геоморфологических областей: аллювиально-зандровая равнина Волынского Полесья, Волынская возвышенность; аллювиальная равнина Малого Полесья; Подольская и Центрально-Бессарабская возвышенности.

Область аллювиально-зандровой равнины Волынского полесья является низменностью с моренными грядами, холмами, дюнами, песчаными валами и обширными болотами, с характерным рельефом закрытого карста. Речные долины широкие, пойма выражена слабо. На севере области располагается аллювиально-флювиогляциальная низменность. Мощность наиболее широко развитых здесь аллювиально-флювиогляциальных песков до 30 м, а в речных долинах до 40 м. Моренные суглинки распространены в виде небольших островов. Торфяные массивы средней мощностью до 25 м подстилаются песчано-суглинистыми водно-ледниковыми отложениями. Развиты озерные котловины карстового происхождения (Свитязь, Дошно, Луко и др.). Развитие торфяников и близкое залегание подземных вод затрудняет освоение территории. На юге области простирается моренно-зандровая холмистая денудационная равнина, в пределах которой развиты песчаные моренные и щебнисто-суглинистые элювиальные отложения мощностью до 6 м. Заболоченность развита здесь значительно меньше, чем на севере области.

Освоение территории осложнено карстовыми процессами и сильной обводненностью четвертичных моренных отложений.

Область Волынской возвышенности имеет волнисто-бугристый рельеф и является возвышенной структурной равниной. Дочетвертичные, в основном меловые, породы перекрыты толщей лёссовидных суглинков мощностью до 10—15 м. Последние слабопросадочны. На западе области близко к поверхности залегают дочетвертичные породы. При освоении территории следует учитывать карстовые процессы, эрозию, а на отдельных участках — просадочные явления

Область аллювиальной равнины Малого полесья, располагаясь между Волынской и Подольской возвышенностями, является крупной речной прадолиной, выполненной аллювием и частично флювиогляциальными песками. Поверхность ее ровная, лишь на отдельных участках осложнена дюнами и песчаными грядами. На западе находится приподнятый участок, где обнажается или залегает близко от поверхности мергельно-меловая толща мелового возраста, под суглинисто-щебнистым элювиально-делювиальным покровом. Наиболее широко развиты флювиогляциально-аллювиальные песчаные отложения. При освоении территории необходимо учитывать возможность развития карстовых процессов в мергельно-меловых породах и заболачивание в речных долинах.

Области Подольской и Бессарабской возвышенностей характеризуются значительным расчленением, особенно в Приднестровском Подолье. Долины здесь глубоко врезаны, развит бугристый рельеф.

В центральной части в субмеридиональном направлении простирается толтровая гряда, образованная рифогенными неогеновыми известняками, в которых развиты карстовые формы рельефа. Карст и оползни развиты в юго-западной части возвышенности, в долине Днестра. На западе области расположена волнистая поверхность, расчлененная овражно-балочной сетью. Четвертичные лёссовидные суглинки и аллювиально-флювиогляциальные песчано-глинистые отложения мощностью 5—10 м перекрывают здесь дочетвертичные породы.

Восточнее находится Львовская возвышенность, которая с поверхности перекрыта лёссовидными суглинками мощностью 5—7 м. Широко развиты процессы карстования и эрозия. Интенсивные новейшие движения способствуют развитию в лёссах эрозионных процессов. На севере развит карст в неогеновых известняках. Перечисленные явления осложняют освоение территории. Подземные воды в них залегают на глубине свыше 15 м, а на севере и юго-востоке от 0 до 10 м. Они не агрессивны. Интенсивно проявляются новейшие тектонические поднятия.

В пределах региона наиболее широко с поверхности развит четвертичный покров.

Аллювиально-флювиогляциальные отложения, слагающие песчаный комплекс, широко развиты на севере региона, а песчано-лессово-суглинистый — на юго-западе. Пески разнозернистые, кварцевые с прослоями супеси, суглинков и галькой общей мощностью до 30—40 м. Они относятся к инженерно-геологической группе песчаных пород. Грунтовые воды расположены на глубине 0—5 м, на севере они обладают выщелачивающей, а на юге общекислотно-выщелачивающей агрессивностью. В пределах развития данных отложений наблюдается заболачивание и развевание песков, слагающих речные террасы.

Лёссовые отложения имеют мощность до 15 м (на склонах и в понижениях). Они сложены суглинками, для которых характерны крупнопылеватая фракция (до 69%), пористость и просадочные свойства (при давлении $3 \cdot 10^5$ н/м^2, коэффициент относительной просадочности изменяется от 0,01 до 1,62) Грунтовые воды в них обычно залегают на глубине более 10 м.

Элювиально-делювиальные отложения слагают комплекс пород суглинисто-щебнистого состава, приуроченных к участкам близкого залегания дочетвертичных, в основном мергельно-меловых отложений. Их мощность достигает 3 м. Породы относятся к инженерно-геологической группе связанных с грубообломочными. Грунтовые воды залегают на глубине более 10 м.

Выходящие на поверхность дочетвертичные отложения мелового возраста представлены мергельно-меловой толщей карбонатной формации Они относятся к инженерно-геологической группе полускальных неплотных карбонатных пород Толтровые горы сложены скальными рифовыми известняками неогена Для данной формации характерен карст Подземные воды залегают в ней на глубине более 10 м и агрессивностью не обладают В южной части региона развиты палеоген-неогеновые отложения терригенной формации Они представлены комплексом песков и глин и относятся к инженерно-геологической группе песчано глинистых пород Подземные воды в них залегают на глубине более 10 м и агрессивностью не обладают

Инженерно геологические условия региона в целом определяются значительной расчлененностью рельефа и широким развитием четвертичных аллювиально-флювиогляциальных отложений

Узкие долины рек, глубокие со слабо выраженными террасами осложняют строительство дорог, а карстовые процессы — строительное освоение территории По долинам рек оползни приносят большой материальный ущерб Освоение территории дополнительно осложнено на юге просадочными явлениями, а на севере заболоченностью

Регион 7. Украинский кристаллический щит. Это самый древний структурный элемент территории Украины Он имеет многоярусное строение, определившееся в результате формирования докембрийского складчатого сооружения в условиях мобильного геосинклинального режима, которое уже в платформенных условиях было осложнено разломами, эффузивной деятельностью и интрузиями

Регион характеризуется развитием двух геоморфологических областей аккумулятивно-зандровой равнины Житомирского полесья и Азово Приднепровской возвышенности

Область аккумулятивно-зандровой равнины Житомирского полесья занимает северную часть региона, где основными типами рельефа являются денудационный и аккумулятивный Первый связан с аллювиально зандровыми равнинами на кристаллических породах и отличается денудационными останцами и возвышенностями, второй— с зандровыми и моренно-зандровыми аккумулятивными равнинами и характеризуется грядово-бугристым рельефом Наблюдается развитие флювиогляциальных, аллювиальных и озерных песков и суглинков, облессованных с поверхности, особенно в южной части Основная роль в формировании рельефа области принадлежит максимальному днепровскому оледенению Большое значение в рельефообразовании сыграли новейшие тектонические движения, различные по своей интенсивности, что привело к формированию отдельных ступеней выравнивания Для денудационных форм характерны крупные останцы, имеющие форму вытянутых гряд, выходы кристаллических пород в виде грив (обычно на склонах речных долин) и гранитные поля (на водоразделах) Заболоченность распространена главным образом на севере области и занимает около 12% ее территории, широко развиты эоловые процессы с развеванием песчаных дюн и холмов и просадочные явления лессовидных суглинков, перекрывающих кристаллические породы, а также овражная эрозия

Область Азово-Приднепровской возвышенности распространена на юге региона Особое влияние на рельеф оказало Днепровское оледенение, в результате которого образовались водноледниковые и ледниковые формы, особенно характерные для северо-западной части области В гляциальной зоне она слагается песчано-суглинистым моренным комплексом пород мощностью до 25—30 м в низовьях речных долин С поверхности залегают лессовые породы, ха-

рактеризующиеся просадочностью, величина которой не превышает 15 см Кроме просадочных явлений развита эрозия, сопровождаемая оврагообразованием

В перигляциальной зоне данная область имеет слабоволнистую поверхность, расчлененную неглубокими долинами и балками с пологими склонами Поверхность ее слагается двухъ и трехъярусной толщей лессов, подстилаемых мореной, флювиогляциальными песками и суглинками днепровского оледенения Лессовые суглинки характеризуются просадочностью При освоении этой части области следует учитывать оврагообразование, а в долинах рек — оползни

Для экстрагляциальной зоны области, где на водоразделах залегают сверху лессовые породы, подстилаемые красно-бурыми глинами, характерно сильное эрозионное расчленение долинно-балочной и овражной сетью Для южной части области характерно сильное эрозионное расчленение (горизонтальное 0,4—0,5 км, вертикальное до 40 км), а также наличие узких, суженных долин На междуречных пространствах просадочность лессового покрова, мощность которого достигает 23—40 м, определяется от 15 до 50 см

В пределах региона наиболее широко развиты с поверхности четвертичные отложения ледникового и внеледникового генезиса

Флювиогляциальные отложения представлены комплексом разнозернистых (средне- и крупнозернистых) кварцевых песков с линзами озерных суглинков и ископаемых торфяников Средняя мощность комплекса 7—8 м, а в зонах размыва 18—20 м Он относится к инженерно-геологической группе песчаных пород В основании залегают денудационные кристаллические породы граниты и полимигматиты Подземные воды залегают на глубине до 10 м, по типу агрессивности они относятся к общекислотно-выщелачивающим С данным комплексом отложений связано развевание песков на незакрепленных участках, однако они обладают относительно хорошей устойчивостью, служат надежным основанием для любых видов сооружений Препятствием является близкое залегание подземных вод, что потребует применения защитных мероприятий при проведении строительства

Аллювиальные отложения суглинисто-песчаного комплекса приурочены к речным долинам В его составе преобладают разнозернистые кварцевые пески, реже супеси и суглинки с линзами торфяников Мощность отложений от 7—8 до 20 м Залегают они на размытой поверхности кристаллического фундамента и относятся к инженерно геологической группе песчаных с глинистыми пород Неблагоприятными для строительства являются участки с торфяными массивами На преобладающей территории, где незначительный (3—5 м) песчаный покров подстилается кристаллическими породами, возможно любое строительство при условии ликвидации затруднений, создаваемых близким залеганием к поверхности неагрессивных грунтовых вод Участки речных долин узкие, удобные для строительства гидросооружений

Моренные отложения представлены комплексом глин, суглинков, супесей и песков с валунами кристаллических и реже осадочных пород Они относятся к инженерно-геологической группе глинисто-песчаных с крупнообломочными пород Мощность ледниковых отложений от 10– 12 до 25—30 м Они подстилаются кристаллическими породами, на отдельных участках осадочной толщей неогена, палеогена и мела Подземные воды залегают на глубине до 10 м, обладают общекислотно-выщелачивающей агрессивностью Возможно незначительное заболачивание и развитие оврагов Условия строительства осложняются близким залеганием грунтовых вод

Аллювиально-флювиогляциальные отложения, состоящие из комплекса песков с прослоями суглинков и торфов, выполняют речные долины и покрывают сплошным покровом междуречные пространства. Они залегают на размытой поверхности кристаллических пород и имеют мощность до 12—20 м. Эти образования относятся к инженерно-геологической группе песчано-глинистых пород. Подземные воды залегают на глубинах до 10 м и обладают общекислотно-выщелачивающей агрессивностью. Неблагоприятным фактором в проведении строительных работ является высокий уровень залегания в них грунтовых вод.

Моренно-лессово-суглинистые отложения развиты на водоразделах и их склонах. С поверхности залегает лесс и лессовидные суглинки. Верхний горизонт эолового генезиса, нижний — водно-ледникового (Заморий). Подстилает эти породы морена. Лессовидные породы крупнопылеватые, морена (0,5—2,5 м) представлена валунными песчанистыми суглинами и супесями, реже песками. Для лессов нижнего горизонта характерна слоистость. Подземные неагрессивные воды в лессовых суглинках залегают на глубинах 10—20 м. Имеется и верховодка. Наблюдаются просадочные явления и оврагообразование. При планировании и осуществлении строительства необходимо учитывать просадочные свойства лессовых пород, а также предпринимать на соответствующих участках защитные противоэрозионные меры. Во внеледниковых условиях отложились: элювиально-делювиальный и лессовидный песчано-суглинистый комплекс, распространенный на водоразделах и их склонах мощностью от 10—12 до 40—48 м. Преобладают лессовидные отложения, подстилаемые флювиогляциальными песками днепровского оледенения мощностью до 4—6 м. Подземные воды залегают на глубине 10—20 м. Просадочные свойства лессов (от 15 до 50 см) и эрозионные процессы осложняют освоение территории

Элювиально-делювиальные отложения представлены комплексом песчано-галечниково-суглинистого состава. Они занимают обширные площади особенно в южной части региона и имеют мощность 5—6 м и более. Суглинки средние и тяжелые залегают на неогеновых пестроцветных глинах. В прилегающей к долине Днепра полосе суглинки подстилаются аллювиальными галечниками и песками, залегающими на размытой поверхности пород кембрия и мела. Мощность отложений на таких участках достигает 10—12 м. Уровень подземных вод не превышает 10 м. Элювиально-делювиальные отложения просадочны. В придолинных зонах развиты плоскостной смыв и эрозионный врез.

Инженерно-геологические условия региона в целом определяются широким развитием четвертичных отложений, волнистым, сильно изрезанным рельефом, горизонтальным и вертикальным расчленением, средними углами наклона до 3° и крутыми склонами долин. Условия для промышленного и гражданского строительства благоприятны, однако следует учитывать возможность просадочных лёссовых пород. Участки суженных речных долин удобны для гидротехнического строительства. Дорожное строительство осложнено развитием эрозионных и оползневых процессов. На площадях их распространения потребуется проведение большого комплекса подготовительных инженерных мероприятий.

Карстовые процессы редки и развиты лишь в верхней зоне. Они наблюдались в Криворожье, в котловине плотины ГЭС им. Ленина, а также под Кременчугом.

Регион 8. Причерноморская впадина. Регион представляет крупную платформенную структуру с погруженным фундаментом На западе выделяется Добруджинский прогиб с герцинским фундаментом в основании. Северной границей его служат выходы кристаллических пород Украинского кристаллического щита, южной — зона сочленения Рус-

ской платформы со Скифской плитой с Северо-Крымским прогибом. Поверхность кристаллического фундамента наклонена с севера на юг и расположена на глубине в несколько десятков метров у северо-западной границы и до 2000 м у южной.

В регионе Причерноморской впадины в геоморфологическом отношении выделяются две области — Азово-Причерноморская низменность и Присивашье.

Область Азово-Причерноморской низменности отличается неоднородностью строения. Западнее Днестра расположены Южно-Бессарабская возвышенная лессовая равнина, древнетеррасовая равнина Дуная, дельта и пойма Дуная, а также Днестровско-Дунайская береговая равнина.

Южно-Бессарабская лессовая равнина, расположенная на междуречье Днестра и Прута, является приподнятой неотектонической зоной со следами интенсивного расчленения. Глубина вреза рек до 140 м. Склоны речных долин крутые, рассеченные густой сетью оврагов и поражены оползневыми процессами, особенно широко развитыми по берегам оз. Кагул. Мощность лессового покрова на равнине 14—20 м. Он залегает на красно-бурых глинах, подстилаемых морскими песчано-глинистыми и известковыми породами неогена. Лессово-суглинистый комплекс обладает просадочными свойствами. На долинах рек развит аллювиальный суглинисто-песчаный комплекс мощностью до 20 м.

Древнетеррасовая равнина Дуная, вытянутая по левобережью реки (до 10 км), сложена гравийно-суглинисто-песчаным аллювием мощностью до 40—50 м. Аллювий перекрыт лёссовидными суглинками мощностью до 12 м, которые обладают просадочными свойствами (от 30 до 50 см). Поверхность равнины слабо волнистая и имеет общий уклон в сторону русла реки.

Дельта и пойма Дуная возвышаются на 5 м над уровнем моря. Русло реки распадается на ряд рукавов и мелких притоков. Характерным элементом являются прирусловые валы, сложенные заиленными песками и морской ракушей. Дельту и пойму слагают суглинки, пески, илы и торфяники аллювиального и лиманно-морского генезиса (мощностью 40—50 м) с близким залеганием подземных вод.

Днестровско-Дунайская береговая равнина является территорией интенсивного опускания. Она имеет низкую, плоскую, слабо волнистую поверхность, полого наклонена к морю и слабо расчленена. Равнину слагают лессовидные просадочные (величина просадки 15—30—50 см) суглинки и красно-бурые глины общей мощностью до 20 м и больше. Они подстилаются известняками и песчано-глинистыми отложениями понта. В береговой зоне развиты абразионные процессы.

Характерным элементом рельефа юго-западной части Азово-Причерноморской низменности являются пресноводные озера-лиманы — (Кагул, Ялцуг, Катлабух) и осолоненные озера-лиманы (Сасык, Шаганы, Алибейское, Бурнакские, Будакские и Днестровское). К востоку от Днестра в Азово-Причерноморской низменности выделяются: Ингуло-Днестровская и Ингулецко-Нижне-Днепровская водораздельные равнины. С поверхности равнины покрыты лёссовыми отложениями и красно-бурыми глинами мощностью до 20 м и более. Эти глины подстилаются карбонатными и песчано-глинистыми отложениями поймы. Ингуло-Днестровская равнина отличается значительной расчлененностью и широким развитием оползневого рельефа (г. Одесса, долина р. Куяльника, Тилигула и др.). Овражно-балочная сеть Ингулецко-Днепровской равнины — нечастая, водоразделы расширены, поверхность более плоская.

На ней встречаются одинокие курганы и многочисленные замкнутые понижения — поды. Склоны долин террасированы.

Между Днепром и Южным Бугом расположена верхнеплиоценовая терраса с лёссовой толщей мощностью более 20 м. На поверхности развиты поды, а в правобережной части Бугского лимана — оползневые и эрозионные процессы. На левобережье Днепра простирается равнина, состоящая из песчаных массивов древней дельты Днепра Равнина сложена с поверхности лёссовидными суглинками и супесями, слагающими крупные песчаные массивы. Эти массивы протягиваются вдоль левобережной части поймы и образуют первую надпойменную террасу, сложенную мелкозернистыми, хорошо отсортированными аллювиальными кварцевыми песками мощностью от 8 до 20 м.

Пойма Днепра, достигающая 20 км в ширину, сложена торфяно-илисто-песчаным комплексом аллювиальных и лиманно-морских отложений. Пойма волнистая, пересечена многочисленными протоками и старицами, часты озера, заболоченные участки. К востоку от древней дельты Днепра до г. Жданова раскинулась обширная верхнеплиоценовая терраса Днепра, сложенная четырехъярусной толщей лессовых просадочных пород (величина просадок до 15—30 см).

На юго-востоке области расположена область Присивашья, которая примыкает к Перекопскому перешейку и является территорией недавних неотектонических опусканий — это пониженный участок верхнеплиоценовой террасы с многочисленными заливами, проливами, полуостровами и островами Сивашей. Дно Сивашей покрыто илистыми отложениями мощностью 20—25 м. Присивашье — низменная равнина с абсолютными отметками от 3 до 15 м. Она сложена лессово-суглинистым комплексом пород мощностью от 10 до 20 м. Освоение территории осложнено наличием засоленных пород, близким залеганием грунтовых вод и просадочностью лессовых отложений.

В пределах региона наиболее широко развит с поверхности лессовый, эолово-делювиальный суглинистый и супесчаный комплекс пород, разделяемый ископаемыми почвами. Они обладают просадочными свойствами и относятся к инженерно-геологической группе лессовых пород. Мощность лессовых отложений до 40—50 м. Грунтовые воды залегают на глубине от 5 до 10 м и не обладают агрессивностью. Исключение составляют Ингуло-Днестровская лессовая равнина и южная часть региона, где воды имеют сульфатную агрессивность. Лёссы просадочны, например, в пределах Южно-Бугско-Днепровской равнины при давлении $0{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2, величина $i_m = 0{,}1$ (Краев), а на Ингулецко-Нижне-Днепровской равнине $i_m = 0{,}001$ (Быкова). Поды развиты широко. В пределах лёссовых равнин лёссы подстилаются, как правило, плиоценовыми красно-бурыми глинами. Просадочность лёссовидных легких и средних суглинков в древней долине Днепра, где их мощность равна 1,2—4,5 м, составляет $i_m = 0{,}02$ (Быкова). В многочисленных подах развиты оглеенные тяжелые и средние суглинки. Коэффициент относительной просадочности их составляет $i_m = 0{,}001$ (Быкова). Просадочность с глубиной, как правило, ослабевает.

Аллювиальные отложения суглинисто-песчаного состава слагают пойму и террасы рек. Их мощность изменяется от 10—18 до 40—50 м, а местами до 70 м. Это кварцевые пески с прослоями суглинков, супесей, илов, подстилаемые песчано-глинистыми и карбонатными отложениями сармата, понта и мэотиса. Подземные воды залегают на глубине до 10 м. Для дельтовой части характерно близкое залегание подземных вод. Как правило, подземные воды, заключенные в аллювии, не агрессивны, но в пределах древней дельты Днепра обладают общекислотной и выщелачивающей агрессивностью. Сульфатная агрессивность вод

характерна для аллювия дельты Днепра. В береговой зоне развиты абразионные процессы.

Инженерно-геологические условия региона определяются широким развитием четвертичных отложений, общим понижением рельефа к югу, слабым горизонтальным расчленением, наличием специфической формы рельефа — замкнутых понижений — подов, являющихся результатом просадочных явлений, а также широким развитием лёссовых пород, осложняющих освоение территории.

На отдельных участках в речных долинах наблюдаются оползневые подвижки. Наиболее активные оползни развиты на берегу Азовского и Черного морей: речные долины слабо разработаны, а поэтому благоприятны для создания небольших прудов и водоемов. На юге региона имеются хорошие условия для строительства дорог, на севере оно сопряжено с устройством глубоких выемок. Слабое расчленение территории создает благоприятные условия для орошения территории.

Регион 9. Прикаспийская синеклиза. Регион представляет собой структуру длительного прогибания юго-восточной части Русской платформы, начавшегося в конце палеозоя и продолжающегося в настоящее время. Характерной чертой этой структуры является развитие соляных куполов за счет выжимания отложений каменной соли кунгурского яруса.

В западной половине региона купола залегают, как правило, на значительных глубинах, а в восточной нередко поднимаются до дневной поверхности.

В пределах данного региона выделяются две области: 1) Прикаспийская низменность и Предуральское плато и 2) южный и западный склоны Общего Сырта.

Область Прикаспийской низменности представляет собой морскую аккумулятивную равнину, сложенную в основном верхнетретичными и четвертичными песками, суглинками и глинами. На этой выравненной поверхности лишь местами наблюдаются возвышения, образованные выходами дочетвертичных пород (от перми до мезозоя), представляющие собой размытые соляные купола. Типичными элементами низменности являются соры — бессточные замкнутые понижения, которые летом полностью пересыхают, оставляя на поверхности корку соли. Широко развиты эоловые процессы развевания и навевания и в несколько меньшей степени заболачивание, просадки, а в речных долинах — оползни.

Огромные массы песчаной пыли и песка ежегодно сносятся ветром с прибрежных участков Каспия, перемещаясь на большие расстояния.

Основная часть территории Прикаспийской равнины перекрыта эоловыми песками различной мощности и лишь местами, на участках развития облессованных пород, задернована. На таких участках получили широкое развитие блюдцеобразные понижения, связанные с просадочными явлениями.

Болота, развитые преимущественно по долинам рек Урала и Кушума, связаны с поверхностными водами и носят временный характер. Летом они, как правило, пересыхают, а площадь, освобожденная от воды, отличается от окружающей местности лишь по характеру растительности.

Карстовые явления наблюдаются в районе озер Индер и Челкар. Они приурочены к пластам гипсов и каменной соли кунгурского яруса.

Область Предуральского плато, южного и западного склонов Общего Сырта характеризуется наличием возвышенностей с куполообразными поверхностями, достигающими высоты 220—260 м. Склоны возвышенностей изрезаны овражно-балочной сетью. Поверх-

ность Присыртового уступа носит пологоволнистый характер с абсолютными отметками от 50 до 80 м К югу отметки понижаются.

В регионе распространены терригенная, терригенно-карбонатная и соленосная (лагунная) формации и генетические типы аллювиальных, эоловых, делювиальных, дельтовых, соленосных, четвертичных отложений, а также морские осадки четвертичных трансгрессий Каспия

Аллювиальные отложения приурочены к долинам рек Урала, Большого и Малого Узеней, Уила, Сагиза, Илека, Утвы, Эмбы и др. Они представлены комплексом тонко- и мелкозернистых кварцевых песков с прослоями гравия и гальки В верхней части толщи местами залегают супеси и легкие суглинки Общая мощность аллювия составляет 3—7 м Отложения характеризуются слабой засоленностью и сравнительно большим количеством органических примесей В механическом составе песков преобладают фракции 0,25—0,05 мм. Давление для мелких песков средней плотности равно $2 \cdot 10^5$ н/м^2, для супесей $0{,}5 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^5$ н/м^2, а для суглинков,— при коэффициенте пористости 0,7 в твердом состоянии $2 \cdot 10^5$—$5 \cdot 10^5$ н/м^2 и в пластичном $1{,}8 \cdot 10^5$ н/м^2.

Глубина залегания грунтовых вод колеблется от 3 до 7 м

Эоловые отложения представлены комплексом незакрепленных и полузакрепленных барханно-грядовых перевеянных песков, образующих массивы

Пески хорошо отсортированы, обычно мелкозернистые и тонкозернистые, преобладают фракции 0,01—0,05 мм, полимиктовые, с содержанием кварца до 81% Мощность песков изменяется от 5—6 до 10—15 м в пониженных местах

Давление на мелкозернистые пески средней плотности $2\ 10^5$ н/м^2, а на плотные $3 \cdot 10^5$ н/м^2. Пески барханные и дюнные плотного сложения, угол внутреннего трения их при коэффициенте пористости 0,7 равен 30° Пески часто подстилаются плотными глинами различного возраста и являются водоносными Глубина залегания грунтовых вод от 1 до 6 м Подземные воды неагрессивные

Дельтовые отложения, развитые по восточной и юго-восточной периферии береговой линии максимальной трансгрессии хвалынского моря, представлены комплексом песков средне- и тонкозернистых, иногда супесями, реже суглинками мощностью 20—25 м Углы внутреннего трения среднезернистых песков при коэффициенте пористости 0,7 равны 32°, а мелкозернистых 33°, давления на среднезернистые пески средней плотности равны $2{,}5 \cdot 10^5$—$3{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2 Подземные воды залегают близко от поверхности

Делювиальные отложения представлены комплексом суглинков и супесей с включением щебенки коренных пород зеленовато-серой и бурovато-коричневой окраски Комплекс развит на склонах водоразделов в пределах Общего и Зауральского Сырта, мощность его изменяется в широких пределах, а местами достигает 30 м Давления на супеси с малой структурной связностью при коэффициенте пористости от 0,5 до 0,7 равны $2 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^5$ н/м^2.

Озерно-лиманные отложения развиты в районе Камыш-Самарских, Байгутских, Узеньских и других озер. Они представлены комплексом гумусированных суглинков, супесей и илов коричнево-серого цвета с остатками растений, отлагавшихся в условиях временных пресноводных бассейнов Суглинки при коэффициенте пористости 1,0—0,7 имеют давления при пластичном состоянии грунта 10^5—$2 \cdot 10^5$ н/м^2.

Подземные воды этого комплекса залегают близко от поверхности и характеризуются пестрой минерализацией, воды обладают сульфатной агрессивностью.

Соленосные отложения, в которые входят соровые осадки, слагающие днища бессточных понижений озер Хаки и Арал-Су, представлены комплексом пород. В этом комплексе с поверхности залегает кристаллическая соль, представленная мелкозернистыми загипсованными и засоленными песками, сменяющимися вязким жирным илом общей мощностью до 5 м.

Подземные воды, приуроченные к данному комплексу, залегают близко от поверхности и обладают сульфатной агрессивностью.

Морские отложения включают комплекс бакинских глин с прослоями ожелезненного песка мощностью 0,5 до 5 м. Этот комплекс широко распространен в Прикаспийской впадине. Глины песчанистые, при коэффициенте пористости, равном 0,8—1,0, имеют давления 10^5—$2 \cdot 10^5$ н/м^2. Подземные воды залегают близко от поверхности и обладают повышенной минерализацией и сульфатной агрессивностью.

Комплекс хазарских плотных пластичных глин мощностью до 10 м относится к инженерно-геологической группе связных пород. Эти породы имеют значительное распространение в долинах рек Урала, у пос Сорочинка и Чапаево. Глина плотная при коэффициенте пористости 0,6—0,8 имеет давление $2 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^5$ н/м^2.

Комплекс хвалынских тяжелых плотных суглинков с линзами супесей и песков имеет мощность от 5 до 20 м. Мощность уменьшается на соляных куполах и увеличивается в мульдах. Суглинки плотные, тяжелые при коэффициенте пористости 0,7—1,0 имеют давление 10^5—$2 \cdot 10^5$ н/м^2. Воды этих отложений залегают на глубине 5—10 м и обладают сульфатной агрессивностью.

Комплекс новокаспийских глинистых песков, супесей, суглинков и глин мощностью 1—3 м распространен широкой полосой вдоль побережья Каспийского моря. Породы относятся к инженерно-геологической группе связных пород. Давления пластичных глин при коэффициенте пористости 0,5—0,8 равны от 10^5 до $1{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2.

Подземные воды приурочены к песчаным линзам и отличаются высокой минерализацией. Воды залегают близко от поверхности и обладают сульфатной агрессивностью.

Соленосная формация представлена комплексом каменной соли с прослоями гипса, ангидрита и гипсоносного песчаника кунгурского яруса нижней перми с выходом на поверхность только в районе солянокупольных поднятий оз. Индер. Комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе полускальных пород. Общая мощность его превышает 5 тыс. м. Мощность прослоев соли местами достигает 50 м и более. К этим отложениям приурочено развитие карстовых процессов. Подземные воды соленые, залегают на глубине более 10 м и обладают выщелачивающей агрессией.

Породы терригенной формации встречаются в виде отдельных небольших выходов на дневную поверхность, слагая горы Индер у одноименного озера и около оз. Челкар. Они представлены комплексом глин, песков, песчаников и мергелей мощностью до 30 м, имеющих пермский триасовый возраст и лагунно-континентальный генезис. Эти отложения относятся к инженерно-геологической группе полускальных и песчаных пород.

Комплекс опок с прослоями опоковидных глин и песков палеоцен-эоцена относится к инженерно-геологической группе полускальных с песчаными пород. Он распространен на южных отрогах Общего Сырта, имеет мощность 75 м. Объемная масса опок изменяется в пределах 1,3—1,9 г/см^3, давление на них превышает 10^6 н/м^2. Опоки трещиноватые. Глины опоковидные характеризуются объемной массой 1,62 г/см^3, сцеплением $0{,}19 \cdot 10^5$ н/м^2, углом внутреннего трения 16°, допускаемым

напряжением до $2 \cdot 10^5$ н/м^2 Пески глауконитовые, кварцевые, имеют объемную массу 1,52 г/см^3, угол внутреннего трения 30°, коэффициент пористости 0,6 и допускаемое напряжение $2{,}8 \cdot 10^5$ н/м^2.

Трещиноватые опоки содержат неагрессивные подземные воды, часто напорные, залегающие на глубине 8—10 м, а в пределах Присыртового уступа до 50 м

Комплекс оливковых песчанистых глин акчагыльского яруса верхнего плиоцена широко развит в долинах рек Большой Хобды, Илека, Урала и относится к инженерно-геологической группе пластичных с песчаными пород В основании комплекса залегают гравелистые пески и галечники

Глины тощие, высокоуплотненные, участками карбонатные слабо засоленные, ожелезненные, слабослюдистые Объемная масса глин 1,8—2,0 г/см^3, сцепление $0{,}15 \cdot 10^5$—$0{,}3\ 10^5$ н/м^2, угол внутреннего трения 20—25°, допускаемое напряжение $2{,}5 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^5$ н/м^2 Глины слабо водоносны Подземные воды, заключенные в песках, напорные с величиной напора от 1,8 до 35 м Воды обладают сульфатной агрессивностью вблизи р Урала и в долине р Илека

Породы терригенно-карбонатной формации имеют незначительные выходы на дневную поверхность в тех же районах, что и предыдущая Она представлена комплексом глин мергелистых, песчаников и песков юрского, мелового, палеогенового и неогенового возраста, которые относятся к инженерно-геологической группе связных с песчаными пород Все эти образования приподняты выжиманием соляных отложений кунгурского яруса, местами выходящих на поверхность с прорывом вышележащих пород Мощность этих отложений достигает 2000 м

Инженерно-геологические условия Прикаспийской синеклизы определяются равнинным характером рельефа, широким развитием четвертичных отложений как континентального, так и морского генезиса, преимущественно глинистого и песчано-глинистого состава, нередко засоленных, содержащих близко залегающие от поверхности подземные воды пестрой минерализации и обладающих, как правило, сульфатной агрессивностью. Освоение территории осложняется также широким развитием геологических процессов, характерных для пустынной и полупустынной зоны. сорообразования, засоления, движения и развевания песков

Закономерности формирования инженерно-геологических условии Русской платформы

Основой инженерно-геологических условий территории Русской платформы, прошедшей длительный путь геологического развития, является преимущественное распространение на ее поверхности рыхлых четвертичных образований, подстилаемых горизонтально залегающими породами терригенных, терригенно-карбонатных и соленосных формаций и лишь в пределах Балтийского и Украинского щитов, а также Тиманского кряжа — формациями метаморфизованных осадочных и изверженных пород

Кровля кристаллического фундамента на большей части территории Русской платформы погружена на различную глубину и покрыта чехлом пород вышеуказанных формаций различной мощности, залегающих в виде антеклиз, синеклиз, прогибов и других структурных форм Последние в совокупности определяют характер геологического строения платформы

Современные неотектонические движения проявляются здесь в их слабой дифференциации с небольшими градиентами, сопровождаясь землетрясениями небольших баллов

В результате геологического развития территории Русской платформы существенную роль в формировании инженерно-геологических условий сыграли типичные для нее оледенения и морские бореальные трансгрессии на севере, во внеледниковой зоне — эолово-делювиальные процессы, а на юго-востоке — морские трансгрессии Каспия.

В результате этого на севере Русской платформы сформировались моренные уплотненные валунные суглинки, морские и флювиогляциальные плотные пески, на юге — лессовидные суглинки и супеси, а на юго-востоке — песчано-глинистые морские четвертичные отложения Типичным для Русской платформы является сравнительно общая выровненность рельефа ее территории, характеризующаяся чередованием относительно приподнятых ее частей и опущенных, часто заболоченных пространств

На формирование инженерно-геологических условий Русской платформы в ее самой северной прибрежной части оказало влияние развитие многолетней мерзлоты Особенностью развития Русской платформы является также зональное распространение на ее поверхности четвертичных пород На севере ее залегают породы ледникового генезиса, которые к югу сменяются лессовыми и лессовидными, а к востоку — суглинками делювиально-элювиальными, переходящими в Прикаспийской впадине в эоловые и морские отложения.

Современные геоморфологические условия Русской платформы, в формировании которых существенную роль сыграло материковое оледенение, выражаются преимущественно равнинным рельефом, для которого характерны плоскоувалистые денудационные пенеплены, аккумулятивные плоские морские, холмисто-ледниковые и водно-ледниковые, плоско-грядовые аллювиальные и озерно-аллювиальные и аллювиальные террасированные равнины с абсолютными высотами от первых десятков до 500 м. Выделяются повышенные участки платформы с отметками от 200 до 400 м (Тиманский кряж, северные Увалы, Общий Сырт, Приволжская, Средне-Русская и Волыно-Подольская возвышенности, Донецкий кряж).

Гидрогеологические условия определяются зональностью грунтовых вод на Русской платформе, в соответствии с которой пресные воды сменяются на слабо минерализованные (до 1 г/л) гидрокарбонатно-кальциевые с постепенным повышением минерализации и переходом состава в сульфатный и хлоридный. Грунтовые воды Прикаспия сильно минерализованы (до 100 г/л), имеют хлоридный и сульфатный состав и обладают сульфатной агрессивностью

Глубина залегания грунтовых вод на Русской платформе изменяется от 0 до 20 м в зависимости от рельефа местности, климатической зональности и состава пород Так, с ледниковыми отложениями связано близкое залегание к поверхности грунтовых вод и наличие подземных вод спорадического распространения с возможным местным напором. Подземные воды в лёссовых отложениях залегают, как правило, на глубине до 10 м и более.

В пределах регионов развиты современные геологические процессы (эрозия, пучение, солифлюкция, термокарст, заболачивание, оползни, карст, просадочность, засоление и развевание), которые следует учитывать при освоении территории В зоне развития многолетнемерзлых пород проявляются процессы заболачивания, пучения, солифлюкции и термокарста. Южнее обширной зоны развития ледниковых отложений преобладает комплекс процессов эрозии и заболачивания, а в речных долинах — оползней и подмыва берегов. Характерным процессом, проявляющимся в подстилающих дочетвертичных карбонатных и соленосных отложениях платформы является карст, часто не отражаю-

щийся на поверхности земли. К юго-востоку, во внеледниковой зоне с преимущественным развитием лессовых и песчано-глинистых пород распространены просадочность, засоление, оползни, развевание и выдувание пород.

При освоении территории Русской платформы следует учитывать возможную активизацию перечисленных геологических процессов в зонах их развития и особенно в зоне распространения многолетнемерзлых и лессовых пород. Одновременно необходимо отметить сложность освоения заболоченных и заторфованных территорий, а также территорий распространения соленосных и закарстованных пород

К положительным факторам инженерно-геологических условий данного региона относятся: сравнительная выровненность рельефа, слабая сейсмичность и широкая площадь распространения уплотненных ледниковых отложений с высокими несущими свойствами.

Б. РЕГИОНЫ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Сибирская платформа располагается в междуречье Лены и Енисея. Границы ее, как и для Русской платформы, определяются зонами разрывных нарушений, отделяющих платформу от прилегающих складчатых систем. Фундамент Сибирской платформы сложен сильно метаморфизованными осадочными породами, прорванными интрузиями разного состава, образовавшимися в геосинклинальных условиях. Чехол перекрывающих пород представлен осадочными и вулканогенными породами основного состава, прорванными интрузиями траппов Мощность осадочного чехла в пределах Сибирской платформы уменьшается в направлении с юга на север от 45 до 35 тыс. м, а в широтном направлении остается почти без изменений.

Современный структурный план Сибирской платформы определился в процессе ее платформенной стадии развития без участия процессов, сформировавших фундамент. Здесь выделяются следующие структурные единицы: Алданская и Анабарская антеклизы, Тунгусская и Вилюйская синеклизы и краевые прогибы. Часть структур формировалась на протяжении всего платформенного периода развития, другая — ограничивалась одним или несколькими тектоническими этапами.

Фундамент Сибирской платформы состоит из палео- и необлоков, сформировавшихся соответственно в доплатформенный и послеплатформенный этапы ее развития Крупные участки фундамента однотипного геологического строения представляют собой сохранившиеся части складчатых систем.

История развития Сибирской платформы, в целом очень слабо изученная, отличается от истории Русской платформы интенсивным проявлением магматизма. Для доплатформенного периода развития региона можно предполагать, что в архее на месте Алданского щита существовала складчатая система, а позднее возникла геосинклинальная область, включившая центральную и восточную части платформы. Длительно и активно развивался метаморфизм пород.

Вследствие общего воздымания территория региона поднялась, а затем была интенсивно сденудирована, причем в области Алданского и Анабарского щитов горные сооружения подверглись глубокому размыву и от них сохранились лишь корни, выраженные щитами. На этом размытом складчатом фундаменте и возникла современная Сибирская платформа.

В формировании Сибирской платформы выделяются три стадии.

Первая характеризуется резким проявлением колебательных движений разного знака, сопровождавшихся крупными разломами земной

коры, целиком преобразовавшими ранее созданный структурный план. В это время происходило дробление древнего складчатого основания и возникновение зон разломов Байкальской геосинклинальной области, ограничивающих платформу с юга, запада и севера В начальный период структура платформы определялась наличием грабенов, рассекавших фундамент В этих грабенах шло накопление осадков, сопровождавшееся излияниями магмы.

Начиная с позднего девона (вторая стадия) в Вилюйской синеклизе происходят излияния базальтов и внедрение интрузивных траппов, что было связано с активизацией орогенных движений в Байкальской складчатой системе и воздыманием Алданского щита

С конца раннего карбона (намюр) западная часть платформы вновь опускается, что продолжается до первой половины триаса, когда закончилось формирование Тунгусской синеклизы В это время глубокие разломы расчленяют Оленекскую антеклизу и по зонам разломов происходит значительное опускание блоков в пределах Вилюйской синеклизы Начиная с триаса интенсивно развивается структура на востоке платформы В отличие от предыдущих этапов в последний этап на всей платформе проявляется трапповый метаморфизм, особенно увеличивающийся с конца перми до начала триаса, кроме юго-восточной части Алданской антеклизы

В последний этап второй стадии сформировались Приверхоянский краевой прогиб, Лено-Анабарский, Анабаро-Хатангский, Ангаро-Вилюйский, Пристановой и Присаянский предгорные прогибы и особенно интенсивно развивалась Вилюйская синеклиза Формирование этих структур было вызвано разломами и опусканиями фундамента В пределах ранее возникавших складчатых структур, примыкавших с юга, проявились интенсивные орогенные движения с образованием предгорных прогибов

В конце юры вновь происходят поднятия в области антеклиз и опускания в прогибах, а местами наблюдаются излияния лав (Попигайский грабен)

Третья складчатая стадия развития Сибирской платформы, начавшаяся с конца мела, характеризуется отсутствием по ее краям геосинклинальных систем В эту стадию происходит общее поднятие платформы, денудация ее и формирование рельефа вплоть до современного Накопление осадков зафиксировано только в Вилюйской синеклизе В эту стадию завершается новая перестройка тектонического плана с образованием гор и Алданской антеклизы, а также перемещением блоков земной коры по старым и новым разломам Характерной отличительной чертой Сибирской платформы, по сравнению с Русской, является современный гипсометрический более высокий ее рельеф

В сейсмическом отношении Сибирская платформа неактивна и только на южном и юго восточном ее участках в районах оз Байкал располагается 8-мибалльная сейсмическая зона

Климат Сибирской платформы резко континентальный, суровый Среднегодовые температуры низкие (—2—3°), минимальная температура в январе —62°, максимальная в июле +35° На севере выпадает мало осадков 90—300 мм, на юге до 500 мм Бóльшая часть их (>60%) приходится на теплый период Зима продолжительная, с устойчивыми морозами, лето короткое, толщина снегового покрова не превышает 1 м, низкие зимние температуры предопределяют глубокое сезонное промерзание пород и широкое распространение многолетней мерзлоты, особенно на севере, на высоких водоразделах и их северных склонах

Гидрография Все реки региона принадлежат бассейнам Енисея, Лены и частично Оби Река Енисей имеет протяженность свыше

4 тыс. км и ширину долины до 15—20 и 40 км, сужаясь у отрогов Енисейского Кряжа. Годовой ход уровней рек Сибирской платформы характеризуется весенним половодьем и низким осенним уровнем Вскрытие рек на севере происходит в конце мая Енисей имеет крупные притоки — Нижняя Тунгуска, Подкаменная Тунгуска и Ангара. Густота речной сети региона составляет 0,4 км на 1 км^2 площади Река Лена включает крупные притоки Вилюй и Оленек. Формирование рек Сибирской платформы происходит главным образом за счет атмосферных осадков, обусловливающих снеговое и дождевое питание, подчиненную роль играет питание подземными водами Модули стока в высокогорных районах составляют 25—30 л/с/км^2. В составе Сибирской платформы входят следующие наиболее крупные структурные единицы: Анабарская антеклиза, Тунгусская синеклиза, Вилюйская синеклиза с Приверхоянским и Хатангским прогибами, Алданский щит, Иркутско-Черемховская впадина, Прибайкальский прогиб, Ангаро-Ленский прогиб и Ангаро-Канская впадина

Регион 10. Анабарская антеклиза и ее склоны. Регион занимает центральную часть северной половины Сибирской платформы, с запада ограничиваясь Тунгусской синеклизой, с северо-запада Предтаймырской депрессией, с севера и востока — Хатангским и Приверхоянским прогибами. Южная граница не установлена. Фундамент антеклизы ступенчато по разломам погружается во все стороны. Ядро антеклизы, сложенное в основном различными гнейсами и в меньшей мере ультраосновными породами, гранитоидами и гранитами архея, приподнято до поверхности земли и обнажается помимо основной площади его распространения, в низовьях междуречья Лены и Оленека. Северо-восточный угол Анабарского щита (Оленекская антеклиза) отличается от Анабарской блоковым строением и отделяется от нее многочисленными разломами с господствующим северо-западным простиранием последних С разрывами связаны дайки траппов. Здесь выделяются два крупных поднятия, разделенные грабеном Покров Оленекской антеклизы сложен верхнепротерозойскими и кембрийскими породами, с севера и востока от которых развиты пермские и мезозойские отложения

Регион имеет двухъярусное строение Нижний представлен дислоцированными метаморфизованными породами, слагающими фундамент и частично выходящими на поверхность Второй структурный ярус входит в состав платформенного чехла и сложен осадочными, недислоцированными терригенными и карбонатными породами Четвертичный покров в целом имеет незначительную мощность, за исключением аллювия

В пределах региона выделяются три геоморфологические области: Центрально-Анабарское эрозионно-тектоническое плато, Анабаро-Оленекское структурно-денудационное плато, Муруктинско-Аганылийская и Попигайская водно-ледниковые аккумулятивные равнины

Центрально-Анабарское эрозионно-тектоническое плато сформировано на докембрийских кристаллических породах с отметками поверхности 800—900 м. Здесь преобладает горно-останцовый расчлененный рельеф с глубиной вреза до 600 м, а также эрозионные, гравитационные и солифлюкционные процессы Мощность многолетнемерзлых пород достигает 400 м.

Область Анабаро Оленекского структурно-денудационного плато имеет пологоувалистый, всхолмленный или выровненный рельеф, развитый на осадочных породах палеозоя. Абсолютные отметки его поверхности колеблются от 300 до 450 м, средние относительные превышения составляют 100—400 м. Мощность много-

летнемерзлых пород достигает нескольких сотен метров. Развиты карстовые процессы.

Область Попигайской и Муруктинско-Аганылийской водно-ледниковых аккумулятивных равнин имеет холмистый рельеф. На вулканогенно-осадочных породах пермо-триаса развиты флювиогляциальные и озерно-аллювиальные отложения. Низкие террасы и понижения между холмами заболочены и заторфованы. Имеется небольшое количество неглубоких озер. Породы промерзлые, развиты солифлюкционные процессы. Четвертичные отложения региона сформировались в результате ледниковой аккумуляции (зырянское оледенение). К ним относятся:

Ледниковые отложения, представленные комплексом суглинка с включением щебенки и валунов. Они относятся к инженерно-геологической группе глинистых с крупнообломочными пород

Флювиогляциальные отложения сложены комплексом песков, гравия и гальки, который относится к инженерно-геологической группе пород песчаных с крупнообломочными.

Озерно-ледниковые отложения представлены комплексом плотных и слабо известковых глин и торфов; они относятся к инженерно-геологической группе глинистых пород. Четвертичные отложения промерзлые, характеризуются высокой льдистостью и прочностью в мерзлом состоянии.

Аллювиальные отложения представлены комплексом песчано-галечниковых отложений, перекрытых с поверхности супесями и суглинками. Комплекс пород относится к инженерно-геологической группе глинисто-песчаных с крупнообломочными.

В пределах региона наиболее широко развиты породы метаморфической, терригенной и карбонатной формаций.

Породы терригенной формации верхнего протерозоя (синий) окаймляют с севера, запада и востока породы метаморфической формации. Они представлены комплексом светлых и красноцветных кварцевых и аркозовых песчаников, кварцито-песчаников, гравелитов, алевролитов, глинистых сланцев и доломитов с тонкими линзами гипса общей мощностью 500—800 м. Эти образования обладают высокой прочностью и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород.

Породы карбонатной формации включают отложения верхнего протерозоя, кембрия, ордовика и силура, которые занимают большую часть территории региона. Нижняя часть формации сложена комплексом пестроцветных и светлоокрашенных известняков с редкими прослоями песчанистых доломитов, кварцевых песчаников, известняковистых сланцев, реже оолитовых и органогенных известняков с редкими линзами гипса. Верхняя часть формации сложена пестроцветными и сероцветными известняками и доломитами, массивными и плитчатыми мергелями, алевролитами, аргиллитами, известковистыми конгломератами с пластами гипса мощностью 8—10 м. Отложения ордовика, развитые в южной части региона, представлены толщей карбонатных пород с прослоями кварцевых песчаников, алевролитов и аргиллитов и отнесены к терригенно-карбонатной формации.

Ядро антеклизы в центре региона слагают породы *метаморфической формации* архея, состоящие из комплекса сильно дислоцированных сланцев и гиперстеновых биотитов, амфиболовых и биотито-гранатовых гнейсов мощностью 20—25 км, прорванных интрузивными телами. Породы обладают очень высокой прочностью с сильной степенью метаморфизма и относятся к инженерно-геологической группе скальных и полускальных. Характерно развитие карста.

Инженерно геологическими особенностями слабо изученного Анабарского региона являются сильная расчлененность рельефа центральной приподнятой части, заболоченность и заторфованность равнинной территории, широкое развитие многолетнемерзлых пород, льдистости и солифлюкции, карст карбонатных пород Освоение региона осложнено также трудной проходимостью территории и суровыми климатическими условиями

Регион 11. Тунгусская синеклиза. Регион с запада примыкает к Анабарской антеклизе, занимая обширную часть Сибирской платформы Фундамент региона по разломам расчленен на блоки с различными гипсометрическими уровнями их поверхности Со всех сторон синеклиза ограничена глубокими прогибами Во внутренней, приподнятой, ее части выделяются крупные поднятия второго порядка, разделенные впадинами и грабенообразными прогибами Регион представляет собой средне верхнепалеозойскую, наиболее крупную для Сибирской платформы впадину Регион Тунгусской синеклизы имеет двухъярусное строение Нижний — слагают докембрийские сложнодислоцированные метаморфизованные породы, залегающие на глубине 6—8 км Они перекрываются кембрийскими карбонатными и терригенно карбонатными породами, сменяющимися вверх по разрезу пермскими и триасовыми трапповыми вулканогенно осадочными и вулканогенными образованиями В четвертичный период регион Тунгусской синеклизы представлял область относительных поднятий

В пределах региона выделяются четыре геоморфологические области Северо Тунгусское структурно денудационное лавовое плато, Южно-Тунгусское структурно денудационное плато, Вельминское эрозионно тектоническое плато и водно ледниковая эрозионно аккумулятивная равнина

Северо Тунгусское структурно денудационное лавовое плато соответствует глубоко расчлененному плато Путорана с отметками поверхности от 800 до 1600 м и отдельными вершинами до 1700 м Глубина эрозионного вреза 300—800 м Интенсивное поднятие плато продолжается на протяжении всего четвертичного периода Северная и центральная части области характеризуются ледниковыми формами (морена, бараньи лбы, курчавые скалы)

На окраинных частях ее развиты поля конечноморенных образований (камовых, озовых и друмлинных ландшафтов) особенно широко распространены каменные потоки— курумы Склоны ступенчатые, различной крутизны Приводораздельные части имеют ровную горизонтальную поверхность Повсеместно развиты многолетнемерзлые породы мощностью до 350—400 м, с температурой до —6—7° Близкое к поверхности залегание многолетнемерзлых пород способствует развитию процессов солифлюкции В речных долинах повсеместно распространены талики

Южно-Тунгусское структурно-денудационное плато сильно расчленено Имеется два уровня междуречий — на траппах и на осадочных породах Первые имеют высоту 500—800 м, вторые характеризуются сглаженным холмистым рельефом с высотами 400—500 м Встречаются высокие междуречные плато, сложенные с поверхности лавами, много заболоченных понижений Для трапповых площадей характерны ступенчатость рельефа, пороги и перекаты на всех реках Широко развиты процессы оседания склонов вследствие выдавливания пластических пород, залегающих под скальными С этими процессами связаны крупные оползни — блоки и глубокие широкие рвы оседания На трапповых склонах спускаются курумы шириной до 0,5 км и длиной до 1 км Характерно для области медленное смещение

блоков пород под действием силы тяжести и наличие многолетней мерзлоты Процессы солифлюкции захватывают сотни квадратных километров затаеженной территории

Область Вельминского эрозионно-тектонического плато сложена палеозойскими терригенными и терригенно-карбонатными породами, сильно расчленена. Абсолютные отметки поверхности плато составляют 500—800 м Долины в траппах узкие Глубина эрозионного вреза 200—300 м Развиты курумы, оседание склонов, карст, солифлюкция Многолетняя мерзлота островная Мощность 25—50 м, температура —1—2°

Область водно-ледниковой эрозионно-аккумулятивной равнины сильно расчленена, имеет пологоволнистую поверхность с абсолютными отметками от 60 до 250 м, глубина эрозионного вреза 50—100 м, водоразделы перекрыты преимущественно песчано-галечниковыми отложениями С поверхности область сложена моренами и флювиогляциальными отложениями с близким залеганием с поверхности подземных вод Многолетняя мерзлота мощная, развито заболачивание, пучение, наледи и талики

В пределах региона наиболее широко развиты терригенная, карбонатная, вулканогенно-осадочная, вулканогенная, трапповая и угленосная формации

Моренные отложения, представленные комплексом валунных суглинков и супесей мощностью 5—50 м, относятся к инженерно-геологической группе глинистых пород Отложения мерзлые Развит термокарст, пучение, солифлюкция

Флювиогляциальные отложения сложены комплексом слоистых или сыпучих гравийно-галечниковых песков Отложения мерзлые, насыщены льдом Мощность их от 2 до 30 м Они проморожены Широко развиты термокарст, на склонах — солифлюкция и наледи

Аллювиальные отложения мощностью до 20 м представлены комплексом песчано-гравийного материала, который относится к инженерно-геологической группе песчаных пород Отложения мерзлые Развиты талики В верхней части перекрыты суглинками

Породы терригенной (красноцветной) формации развиты по западному борту синеклизы в виде отдельных участков Они представлены комплексом красноцветных, пестроцветных известковистых и доломитизированных аргиллитов, алевролитов, песчаников, иногда мергелей с прослоями ангидрита и гипса, которые относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород

Мощность отложений колеблется от 200 до 500 м Породы плитчатые, при выветривании дают остроугольную щебенку Широко развиты карстовые провальные воронки у подножия Путорана, а также осыпи и солифлюкции

Породы угленосной формации нижнекаменноугольного — пермского возраста развиты по западному и восточному бортам синеклизы Они представлены комплексом переслаивающихся песчаников, алевролитов, аргиллитов, суглинистых аргиллитов, углистых сланцев и пластов углей Комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе полускальных пород Все породы комплекса, за исключением углей, слабо сжимаемы с объемной массой 2,5—2,6 г/см^3 На севере региона породы пронизаны подземным льдом Развиты осыпи, солифлюкция

Породы карбонатной формации от верхнего девона до нижнего карбона распространены в Норильском, Имангдинском и других районах Их мощность достигает 250 м Породы сложены комплексом глинистых, песчанистых и доломитизированных известняков с прослоями мергелей, реже известковистых аргиллитов, которые относятся к инже

нерно-геологической группе скальных с полускальными. В полосе развития этих пород наблюдаются карстовые воронки. На участках, где карбонатные отложения перекрыты четвертичными, проявляется термокарст.

Наибольшим развитием в пределах Тунгусской синеклизы пользуются породы *вулканогенно-осадочной формации* верхнепермского — нижнетриасового возраста. Они сложены комплексом базальтовых туфов, туфопесчаников и туфобрекчий основного состава с подчиненными прослоями туффитов, аркозовых песчаников, глинистых и углисто-глинистых сланцев, местами с покровами лав. Комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе полускальных пород, которые залегают горизонтально, легко выветриваются и обладают довольно высокой прочностью. Развиты курумы, осыпи и солифлюкция.

Породы *вулканогенной формации* нижнего триаса представлены комплексом покровных базальтов мощностью от 4 до 20 м. В нижней части покров базальтов разделяется песчаниками, реже туфопесчаниками, туфоалевролитами и туфами. Комплекс отложений данной формации относится к инженерно-геологической группе скальных пород. Породы находятся в области распространения многолетней мерзлоты и характеризуются очень высокой прочностью, несжимаемы. Объемная масса базальтов равна 3,0—3,2 г/см^3, сопротивление сжатию от $9 \cdot 10^7$ до $25 \cdot 10^7$ н/м^2. Допускаемое давление на них фактически неограниченно, тепловая осадка отсутствует, углы естественного откоса могут превышать 90° (часты нависающие склоны). В выветрелом состоянии породы пронизаны густой сетью трещин и внешняя монолитность их сохраняется лишь благодаря цементирующему воздействию льда, так как бóльшей частью они находятся в мерзлом состоянии. При оттаивании выветрелые породы распадаются на глыбы и щебенку. Вследствие тектонической нарушенности и интенсивного выветривания базальтов последние на отдельных участках превращены в глинисто-сланцевую массу, которая резко снижает устойчивость массива пород. Развиты курумы, обвалы, отседание склонов, солифлюкция.

Породы трапповой формации представлены комплексом долеритов и габбро-долеритов, залегающих в виде пластовых интрузий, даек и штоков. Массивы, сложенные траппами, высокопрочные, устойчивы по отношению к выветриванию. Близ Норильска габбро-долериты в приповерхностной зоне имеют сопротивление сжатию в среднем более $15 \cdot 10^7$ н/м^2. Объемная масса 3,02 г/см^3. В северной части развиты четвертичные отложения ледниковой аккумуляции.

Инженерно-геологические условия региона Тунгусской синеклизы определяются сильной расчлененностью поверхности, а также повсеместным развитием многолетнемерзлых пород и маломощным четвертичным покровом, подстилаемым скальными и полускальными породами, которые могут служить основанием для любых промышленных и гражданских сооружений. Регион в целом труднодоступен, слабо изучен, однако перспективен для гидротехнического строительства, так как имеются участки, удобные для возведения плотин. При освоении территории следует учесть развитие карста, курумов и солифлюкции, а также наличие мощной толщи многолетнемерзлых пород.

Регион 12. Вилюйская синеклиза с Приверхоянским и Хатангским прогибами. Регион располагается между Анабарской антеклизой, Алданским щитом и Верхоянской складчатой системой. Фундамент синеклизы сильно раздроблен. Одна часть его опущена на глубину до 8 тыс. м, а другая — приподнята до 300 м. Северо-западные и юго-восточные борта синеклизы крутые. По ним образовались флексуры. На юго-западе синеклиза переходит в серию малых прогибов (Березовский,

Нейский и др), а на востоке сливается с Приверхоянским прогибом

Регион в целом характеризуется наличием сплошной мощной (250—600 м) многолетнемерзлой зоны с отдельными окнами таликов, приуроченных к озерным впадинам и руслам рек Лены и Вилюя.

Здесь выделяются четыре геоморфологические области: Лено-Анабарская и Хатангская аккумулятивные равнины с Анабаро-Оленекской низменностью, Приверхоянские аккумулятивные равнины, Денудационные предгорные равнины и Лено-Вилюйская аккумулятивная равнина

Область Лено-Анабарской и Хатангской аккумулятивных равнин с Анабаро-Оленекской низменностью характеризуется развитием на фоне равнинного рельефа денудационных плато и возвышенностей. Область сложена озерно-аллювиальными отложениями, насыщенными льдом. Мощность мерзлых пород 400—500 м, температура —10—12°. Широко развиты полигональные трещины, термокарст, бугры пучения и талики.

Область Приверхоянских аккумулятивных равнин расположена на левобережье р. Лены, сложена преимущественно аллювиальными и озерно-аллювиальными, мерзлыми, насыщенными льдом отложениями. Мощность мерзлых пород 200—300 м, температура —8—10°. Характерно наличие озер и заболоченность. Широко развиты термокарстовые процессы и талики.

Область денудационных предгорных равнин, расположенная вдоль предгорий Верхоянского хребта на правобережье р. Лены, сложена гляциальными и флювиогляциальными отложениями. Породы отличаются меньшей льдистостью, чем в предыдущей области. Мощность мерзлоты 200—300 м, температура —8—10°. Широко развиты наледи и пучение

Область Лено-Вилюйской аккумулятивной равнины сложена озерно-аллювиальными отложениями, которые отличаются большой льдистостью. Мощность мерзлоты больше 200 м, температура —5—8°. Характерно развитие солифлюкционных процессов, часты термокарстовые явления, наледи, пучение и талики.

В пределах региона почти повсеместно дочетвертичные породы перекрыты четвертичными отложениями, которые залегают полого, погружаясь от периферии Вилюйской синеклизы к Приверхоянскому прогибу. Верхняя часть разреза дочетвертичных пород сложена мощными отложениями терригенной и угленосной формаций.

Покров неогеновых и четвертичных отложений слагает низкие и возвышенные равнины и плато. Мощность четвертичных отложений измеряется десятками метров. Распространяясь повсеместно, они в основном определяют инженерно-геологические условия региона.

Четвертичные отложения сложены озерно-аллювиальными, озерными, аллювиальными, флювиогляциальными и гляциальными генетическими типами пород.

Озерно-аллювиальные отложения представлены мощным комплексом песчано-глинистых, промороженных на большую глубину пород, насыщенных подземными льдами. Широко развит термокарст, бугры пучения и солифлюкция. Подземные воды (надмерзлотные) обладают сульфатной агрессивностью, залегают на глубинах до 5 м. Подмерзлотные— на глубине более 200 м, неагрессивные.

Озерные отложения представлены комплексом пород глинистого состава мощностью более 10 м. Они также промерзлы. Развит термокарст, а в летнее время заболачивание. Подземные воды (надмерзлотные) залегают близко к поверхности, обладают сульфатной агрессивностью. Подмерзлотные — на глубинах больше 200 м, неагрессивные.

Флювиогляциальные отложения представлены комплексом образований мощностью от 5 до 18 м, состоящим из толщи песчаных пород, промороженных и насыщенных льдом. Развиты процессы термокарста и бугры пучения.

Ледниковые отложения развиты на правобережье р. Лены. Они представлены комплексом пестроцветных суглинков и глин с обломками и валунами общей мощностью более 10 м. Отложения промерзжены. С ними связаны процессы пучения, крупные многочисленные наледи, солифлюкция и суффозия.

Подземные надмерзлотные воды обладают сульфатной агрессивностью залегают на глубинах 5—10 м, возможен местный напор. Подмерзлотные воды залегают на глубинах более 200 м, неагрессивные.

Аллювиальные отложения выполняют долины рек. Они представлены мощным комплексом песчано-глинистых пород, насыщенных льдом и промороженных. Подземные воды (надмерзлотные) залегают на глубинах до 5 м, неагрессивны. С данными отложениями связаны термокарст, бугры пучения, наледи, талики.

Породы терригенной формации мела и юры развиты на юге региона и на левобережье р. Лены в ее устьевой части. Они представлены комплексом песчаников, алевролитов, аргиллитов, конгломератов с прослоями песков гравелитов и на отдельных площадях углей, которые относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород с песчаными.

Подземные воды, заключенные в данном комплексе, залегают на глубине более 10 м, обладают сульфатной агрессивностью. На севере региона данный комплекс пород промерзжен. С породами указанной формации связаны каменистые россыпи, обвалы, осыпи и курумы, а также солифлюкция покровных элювиально-делювиальных суглинков.

Инженерно-геологические условия региона в целом определяются сравнительно равнинным рельефом, преобладающим распространением рыхлых четвертичных отложений озерно-аллювиального, озерного и ледникового генезиса, развитием мощной толщи (от 200 до 600 м) многолетнемерзлых пород, а также термокарста, солифлюкции, бугров пучения, таликов, суффозии и осыпей.

Регион 13. Алданский щит и его северные и южные склоны. Регион расположен в юго-восточной части Сибирской платформы и ограничивается на юге зоной глубинного разлома, а с других сторон серией прогибов. В его южной части обнажен кристаллический фундамент, погруженный на север, запад и восток под покров осадочных пород. Блоковая структура региона представляет собой чередование горстов, прогибов, грабенов, выполненных протерозойскими и кембрийскими отложениями. В северной части региона выделяется пологое поднятие, а на южной окраине — впадина широтного простирания с узкими грабенами между ними, выполненными протерозойскими, юрскими и меловыми породами терригенной формации, входящими в Пристановой предгорный прогиб.

Осадочные отложения покрова залегают полого или в виде куполовидных поднятий, структурных террас и флексур. В тектоническом отношении регион представляет собой антеклизу, фундамент, которой разбит на ряд блоков, испытавших по разломам вертикальные движения разных знаков и различной амплитуды. Отметки рельефа поверхности фундамента достигают в восточной части региона 2000 м и более, а в междуречье Олекмы и Тимптона 1000—1200 м. У широтного отрезка Лены фундамент опущен на глубину более 1000 м.

В регионе выделяются три геоморфологические области: Лено-Алданские структурно-денудационные пластовые плато и равнины; Ал-

данское нагорье и горные хребты Становика, Джугджура, Прибрежного с Верхне-Зейской равниной.

Область Лено-Алданских структурно-денудационных плато и равнин расположена на высоте от 200 до 1000 м на горизонтально лежащих карбонатных породах кембрия и угленосных, терригенных отложениях юры. Четвертичные отложения, содержащие подземные льды, покрывают склоны, плато и водоразделы. Для области характерно прерывистое развитие мерзлой зоны.

Рельеф области пологоувалистый, холмистый, ступенчатый, широко развит (особенно в западной части) карст. Для всей области характерны солифлюкционные процессы. Сейсмичность оценивается в 6 баллов.

Область Алданского нагорья расположена на древнем кристаллическом основании с чередованием горных гряд с узкими гребнями и массивами высотой 1000—2000 м, с различной степенью развития древних поверхностей выравнивания и денудационных пенепленов высотой 500—1000 м. Широко распространены метаморфические породы. Многолетняя мерзлота носит прерывистый характер, сплошная развита только на высоте более 900 м. Лишь в пониженных участках пластовых плато четвертичные отложения находятся в мерзлом состоянии.

Область горных хребтов Становика, Джугджура, Прибрежного с Верхне-Зейской равниной расположена в южной части региона и сложена преимущественно метаморфическими породами. Область находится на древнем кристаллическом основании с развитием горных массивов и денудационных пенепленов высотой 500—1000 м, наблюдаются следы четвертичного оледенения (кары, цирки, троги и пр.). Абсолютные отметки хребтов от 800 до 2500 м. Развиты обвалы, осыпи и россыпи. Сейсмичность оценивается в 9 баллов.

Четвертичные отложения в горах представлены моренным комплексом горного оледенения, состоящим из суглинков с окатанными валунами и щебнем общей мощностью от 10 до 60—80 м.

Отложения полностью промерзлые. Развита заболоченность. Сильная льдистость пород значительно снижает их прочность.

Породы молассовой формации юрского возраста представлены комплексом континентальных угленосных отложений мощностью 1300—1450 м. Они состоят из песчаников, алевролитов, аргиллитов, углистых сланцев, углей и относятся к инженерно-геологической группе скальных и полускальных пород. Образуемый на породах молассовой формации элювиально-делювиальный покров прерывистый мощностью не более 3 м. Развита солифлюкция.

Породы карбонатной формации нижнего кембрия имеют большую мощность и представлены комплексом известняков, доломитов и доломитизированных известняков. Они обладают высокими прочностными показателями и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Широко развиты карстовые процессы.

Породы метаморфической формации представлены комплексом глубоко метаморфизованных отложений архея, раннего и среднего протерозоя. Преобладают гнейсы, переслаивающиеся с кристаллическими сланцами, мраморами, амфиболитами и железистыми кварцитами, которые в нижней части толщи сильно гранитизированы. Породы прочные, относятся к инженерно-геологической группе скальных, слабо поддаются физическому выветриванию, трещины заполнены льдом на глубину более 100 м. Развиты осыпи и солифлюкция.

Породы вулканогенной формации мелового возраста развиты на северо-западном склоне хр. Джугджур и представлены комплексом порфиритов, кварцевых порфиритов, фельзитов, липаритов, дацитов,

андезитов их туфов и лавобрекчий мощностью от 800 до 2000 м Комплекс относится к инженерно-геологической группе скальных пород, за исключением полускальных туфов и песчаников Развиты обвалы

Породы интрузивной формации протерозойского, юрского и мелового возраста представлены комплексом гнейсовидных биотит-рогообманковых гранитов, гранодиоритов и кварцевых диоритов Они прочные, относятся к инженерно-геологической группе скальных пород Более крепкими являются позднемезозойские граниты Элювиально-делювиальный покров, образуемый при выветривании гранитов, имеет мощность от 3 до 8 м и щебенисто глинистый состав Развиты обвалы

Инженерно-геологические особенности региона определяются сложными рельефными условиями, широким развитием скальных и многолетнемерзлых пород Освоение территории осложнено активными проявлениями на севере карстовых процессов и солифлюкции, а на юге осыпей и обвалов и сейсмичностью более 9 баллов

Регион 14. Иркутско-Черемховская впадина и Прибайкальский прогиб. Регион является прогибом, окаймляющим с запада Байкальскую, а с севера Восточно Саянскую складчатые системы.

Рельеф северо-восточной части региона представляет собой сочетание плосковолнистых, ледниковых аккумулятивных равнин и плоскоувалистых пенепленов на складчатом основании Западная часть региона является увалисто-холмистым ступенчатым плато на горизонтально лежащих осадочных породах Рельеф региона в целом плоский, с отметками 800—1000 м, расчлененный долинами рек Водораздельные пространства заболочены

В регионе выделяются две геоморфологические области Иркутско-Черемховское структурно-денудационное плато и денудационный пенеплен Прибайкальского предгорного прогиба

Область Иркутско-Черемховского структурно-денудационного плато характеризуется равнинно-балочным рельефом с отметками поверхности 400—500 м, глубиной эрозионного вреза до 100 м В области распространены терригенные, угленосные и карбонатные отложения, перекрытые чехлом четвертичных образований мощностью от 3—5 до 60—80 м в предгорной части, для которой характерно заболачивание, иногда с проявлением термокарста и пучения На лессовидных суглинках развиты просадки и овражкообразование, на склонах, сложенных юрскими отложениями — оползни, а карбонатными — карст На заболоченных участках многолетняя мерзлота имеет мощность до 40 м и температуру от 0,1 до —0,2° Сезонная мерзлота задерживается до глубины 1,8—3,0 м Максимальная сила землетрясений на западе не более 6 баллов, а на востоке до 7 баллов

Область денудационного пенеплена Прибайкальского предгорного прогиба имеет грядово-впадинный рельеф с абсолютными отметками от 400 до 700 м и глубиной эрозионного вреза 100—300 м В области развиты терригенные и карбонатные породы Впадины и прогибы с поверхности выполнены аллювиальными, делювиальными и лессовидными отложениями Наблюдается заболачивание на расширенных участках речных долин и многолетняя мерзлота мощностью 60 м, с температурой —0,2 до —0,5°, развит термокарст и пучение Карбонатные породы закарстованы Вероятная сейсмическая активность 8 баллов Наиболее широко в регионе развиты породы карбонатной, терригенной и угленосной формаций Четвертичный покров, образующийся во внеледниковых условиях, имеет делювиальный и аллювиальный генезис

Делювиальные отложения представлены комплексом лессовидных суглинков и глин с обычными суглинками Первые способны давать

просадку и дополнительную осадку при длительном увлажнении Делювиальные суглинки на юрских отложениях с коэффициентом просадочности меньше 0,02 при $3 \cdot 10^5$ н/м^2 характеризуются (по данным Ин-та земной коры). естественной влажностью от 3,0 до 29,9% плотностью от 2,69 до 2,77 г/см^3, объемной массой от 1,60 до 2,02 г/см^3, пористостью от 36,5 до 52,5%, полной весовой влагоемкостью от 21,2 до 40,4%, коэффициентом насыщения от 17,7 до 42, числом пластичности от 5,8 до 19,0, показателем консистенции от —0,98 до +0,98 и показателем уплотненности от —3,958 до +0,826 Пористость и коэффициент просадочности лессовых пород обычно с глубиной уменьшаются Просадочные свойства их резко проявляются после смачивания как в естественных условиях, так и под давлением Искусственное переувлажнение лессовидных пород нередко являлось причиной катастрофических просадок под основаниями некоторых сооружений в Иркутске, Шелехове и других местах

Аллювиальные отложения представлены комплексом глинистых и обломочных пород На участке Иркутск — Усолье Сибирское аллювий представлен песками

Песчаные отложения по р Бирюсе и ее притокам характеризуются (по данным Ин-та земной коры) плотностью 2,68 кг/м^3, пористостью 32,6% и коэффициентом пористости 0 49 Глинистые породы характеризуются плотностью 2,75 кг/м^3, пористостью 44,6%, коэффициентом пористости 0,8, числом пластичности 16,7, коэффициентом сжимаемости $4 \cdot 10^{-8}$ м^2/н, коэффициентом сдвига 0 5—0,67, сцеплением от 0,133 10^5 до 0,27 10^5 н/м^2, углом внутреннего трения 21°48′—29°22′ и коэффициентом трения 0,4—0,562

Подземные воды залегают в аллювиальном комплексе на глубинах от 5 до 10 м, воды неагрессивные, лишь на отдельных участках они обладают выщелачивающей агрессивностью Широко развиты по долинам рек заболачивание и многолетняя мерзлота Обширные массивы болот, занимающие значительную площадь региона, расположены в виде полос шириной до 500 м

Породы терригенной формации юрского возраста включают угленосный алевролито-песчаниковый комплекс отложений (черемховская свита) мощностью от десятков до 300 м и неугленосный

Первый — угленосный комплекс состоит из континентальных озерно-речных и болотных угленосных образований, в которых преобладают песчаники мелкозернистые полимиктовые с глинистым или железисто-серицитовым, реже карбонатным цементом, алевриты занимают 7—25% разреза Аргиллиты имеют мощность 3—5 м Комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе полускальных пород Заметная роль принадлежит углям и углистым породам, залегающим в виде пластов и прослоев мощностью от 1 до 10 м Песчаники мелкозернистые, характеризуются объемной массой от 1,97 до 2,78 кг/м^3, плотностью от 2,5 до 2,79 кг/м^3, пористостью от 1,2 до 41,8%, водопоглощением от 0,6 до 11,7 и временным сопротивлением сжатию в сухом состоянии от $442 \cdot 10^5$ до $1605 \cdot 10^5$ н/м^2, в водонасыщенном состоянии от $86 \cdot 10^5$ до $1050 \cdot 10^5$ н/м^2 Алевролиты характеризуются объемной массой от 2,37 до 2,8 кг/м^3 плотностью от 2,6 до 2,9 кг/м^3, пористостью от 4,8 до 12,7%, временным сопротивлением сжатию от 10^7 до $4,5 \cdot 10^7$ н/м^2 — в сухом и от 2 10^7 до 2,28 10^7 н/м^2 в водонасыщенном состоянии В пределах распространения описанного комплекса пород данной формации широко развита заболоченность по долинам рек, а также просадки, связанные с подземными пожарами от возгорания угля и проседания кровли над выработанными пластами Подземные

воды залегают на глубинах до 10 м и обладают выщелачивающей и общекислотной агрессивностью на междуречье Оки и Ии.

Второй — неугленосный комплекс юрских отложений континентального генезиса также имеет широкое распространение. Он представлен аргиллитами, алевролитами, песчаниками с прослоями конгломератов и редко углей. Комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе полускальных пород. Наиболее изучены в инженерно-геологическом отношении песчаники и алевролиты. Преобладают песчаники (50—75%). Цемент глинистый или карбонатно-глинистый с присутствием гидроокислов железа. В выветрелой зоне песчаники сильно трещиноваты и разрушены на глубину до 18—20 м.

Алевролиты и аргиллиты имеют однородный состав. Преобладают глинистые минералы, слюды, кварц и полевые шпаты. Эти породы отличаются малой устойчивостью на склонах, так как подвержены быстрому выветриванию. Образцы пород, взятые с поверхности, быстро рассыпаются или размокают в воде через 24 ч. С этими отложениями связано широкое развитие оползней в долинах рек Ангары, Оки, Уды, Ии и др. На элювиально-делювиальном покрове этих пород наблюдается суффозия. Делювиальные лессовидные суглинки имеют следующие коэффициенты *просадочности при давлении: в* 10^5 *н/м*^{2}— *от 0,001* до 0,106, в $2 \cdot 10^5$ н/м^2 — от 0,003 до 0,165, в $3 \cdot 10^5$ н/м^2 — от 0,005 до 0,178

Породы карбонатной формации нижнего кембрия представлены комплексом морских и лагунно-морских осадков, в которых более 85% занимают массивные и слоистые известняки и доломиты и известковистые доломиты, относящиеся к инженерно-геологической группе скальных пород. Активно проявляются карстовые процессы. Прочность известняков и доломитов характеризуется величинами $1436 \cdot 10^5$ и $1368 \cdot 10^5$ н/м^2. Они обладают хорошей термостойкостью. Брекчированные известняки имеют пониженную прочность, особенно после неоднократного промораживания и оттаивания. К карбонатной толще пород приурочены трещинно-карстовые воды большой обильности, залегающие на глубинах 100—200 м. Эти воды обладают выщелачивающей углекислотной агрессивностью. В Черемховском угольном бассейне они используются в качестве горизонта поглощения для сброса подземных вод юрских водоносных горизонтов.

Инженерно-геологические условия региона определяются широким развитием аллювиальных и делювиальных, с поверхности облёссованных пород мощностью от 3—5 до 80 м, подстилаемых терригенными, угленосными и карбонатными отложениями. Освоение территории осложнено широким развитием заболачивания с проявлением термокарста и пучения, просадочными явлениями лессовидных пород, оползнями юрских отложений и карстом в кембрийских отложениях. Для заболоченных участков характерна многолетняя мерзлота мощностью до 60 м с температурой от —0,1 до —0,2°. Максимальная сила землетрясения оценивается на западе в 6 баллов, а на востоке до 8 баллов.

Регион 15. Ангаро-Ленский прогиб и Ангаро-Канская впадина. Регион располагается в южной части Сибирской платформы. Он сложен в нижней части отложениями нижнего палеозоя, а в верхней — породами мезозоя.

В пределах региона выделяются шесть геоморфологических областей (плато): Манзурское, Непа-Тунгусское, Ангаро-Ленское, Ангаро-Вилюйское, Ангаро-Чуно-Бирюсинское и Канская водно-ледниковая эрозионно-аккумулятивная равнина.

Область Манзурского плато расчленена на глубину до 200—300 м. Она имеет плосковерхие междуречья и глубокие долины с абсолютными отметками 700—800 м. Преобладающее распростране-

ние имеют терригенные породы, а перекрывающие их элювиально-делювиальные отложения обладают небольшой мощностью. На склонах развиты оползни, осыпи, к загипсованным пачкам пород приурочен карст, на делювиальных площадях и террасах рек — оврагообразование, на лёссовидных суглинках — просадочные явления. Для заболоченных участков долин характерен термокарст и мерзлотное пучение Мощность многолетней мерзлоты (в долинах) до 10—30 м, температура от —0,1 до —0,5° Максимальная сила землетрясений возможна в 6—7 баллов

Область Непа-Тунгусского плато имеет увалисто-равнинный рельеф с широкими долинами и абсолютными отметками поверхности 500—600 м. Развиты терригенные и карбонатные породы.

Для данной области характерны оползни на склонах речных долин, отседание склонов, солифлюкция и карст. На заболоченных плоских междуречьях и в долинах рек развиты термокарст и мерзлотное пучение. Мощность многолетней мерзлоты 30—40 м, температура мерзлых пород от —0,2 до —0,5°. Сейсмичность оценивается в 6 баллов

Область Ангаро-Ленского плато расчленена на глубину до 300—400 м с плосковерхими междуречьями и глубокими долинами, абсолютные отметки 700—900 м. На западе преобладают алевролит-аргиллит-песчаниковые породы, а на востоке песчаниково-известняковые Четвертичные отложения маломощные глинисто-песчаного и супесчаного состава На склонах, сложенных терригенными породами, развиты оползни, солифлюкция, реже суффозия, в карбонатных породах карст, а также наблюдаются рвы скалывания и отседания. Мощность многолетней мерзлоты в данной области изменяется от 10 до 25 м, температура от —0,2 до —0,5°. Возможны землетрясения в 6 баллов.

Область Ангаро-Чуно-Бирюсинского плато слабо расчленена, характеризуется наличием траповых массивов, гряд и межтраповых понижений. Абсолютные отметки ее поверхности 450—550 м Глубина вреза речных долин до 100—200 м Распространены терригенные и терригенно-карбонатные породы. В области развиты суффозионно-просадочные явления, осыпи и отседание склонов. Заболоченность, а также термокарст и мерзлота характерны для расширенных участков долин и межтраповых котловин. Мощность многолетней мерзлоты достигает 10 м, температура от —0,1 до —0,2°. Возможны землетрясения силой до 6 баллов.

Область Канской водно-ледниковой эрозионно-аккумулятивной равнины имеет слабо расчлененный, уплощенный рельеф. Преобладают абсолютные отметки 350—400 м Глубина вреза речных долин менее 100 м Породы терригенной и терригенно-карбонатной формации перекрыты мощной толщей аллювиальных, делювиальных и флювиогляциальных облёссованных отложений.

На склонах развиты оползни, карбонатные породы закарстованы, в песчаных отложениях — суффозия Пониженные площади области заболочены. Овраги выработаны в аллювиальных и делювиальных отложениях Многолетняя мерзлота отсутствует Возможны землетрясения силой менее 6 баллов.

Область Ангаро-Вилюйского плато расчленена, имеет абсолютные отметки поверхности 200—500 м. Четвертичный покров небольшой мощности Дочетвертичные отложения терригенные и терригенно-карбонатные. Широко развиты солифлюкционные процессы и термокарст, связанные с наличием многолетнемерзлых пород.

Среди четвертичных отложений наиболее широким распространением пользуются *элювиально-делювиальные,* развитые на породах кар-

бонатной и терригенно-карбонатной формаций кембрия и ордовика. Мощность их небольшая, оценивается в 0,5—1,0 м, реже в 2—3 м. Преобладают пески и супеси, переходящие вниз по разрезу в щебень и дресву. Данный комплекс пород относится к инженерно-геологической группе глинистых с крупнообломочными. Значительная часть элювиально-делювиальных отложений представлена покровными лёссовидными суглинками и глинами, которые относятся к просадочным при их длительном увлажнении и непросадочным, преимущественно делювиального генезиса.

Лёссовидные покровные суглинки распространены преимущественно в лесостепной части, а необлёссованные в таежной, в Приангарье, в бассейнах рек Ангары, Оки и Ии.

Просадочные суглинки в районе Братска характеризовались: содержанием 48,5% частиц размером 0,005 мм; плотностью 2,73 кг/м^3; объемной массой 1,73 кг/м^3; естественной влажностью 15,9%, пористостью 45,3%; коэффициентом пористости 0,841—0,461; полной весовой влагоемкостью 30,08%; коэффициентом насыщения — 0,528, числом пластичности 8,3; показателем консистенции 0,15, показателем уплотненности 0,461.

Делювиальные суглинки с невыдержанной просадочностью (коэффициент просадочности менее 0,02 при давлении $3 \cdot 10^5$ н/м^2) характеризуются содержанием 2,1% частиц размером более 25 мм; 30,8% частиц размером от 0,25 до 0,05; 50,8% частиц размером 0,05—0,005 и 16,3% частиц размером менее 0,005 мм; естественной влажностью 18,5%; плотностью 2,72 кг/м^3, объемной массой 1,85 кг/м^3; пористостью 48,78%; коэффициентом пористости, равным 0,748; коэффициентом насыщения 0,66; полной весовой влагоемкостью 27,6%; числом пластичности 9,3; показателем консистенции 0,14, показателем уплотненности 0,008. Просадочность лёссовидных пород и мерзлотно-суффозионные процессы явились причиной образования бугристо-западинного рельефа. Строительство на данных отложениях затруднено и требует большой инженерной подготовки территории. Опыт строительства на лёссовидных суглинках показал, что недостаточный учет просадочности их в ряде случаев приводил к значительным деформациям сооружений и аварийному их состоянию.

Аллювиальные отложения представлены комплексом песчано-галечных пород мощностью до 3 м. В этих отложениях встречаются прослои и линзы грубозернистых песков, супесей или валунов. Гравий и галька в аллювии составляют от 40 до 80%, пылеватые и глинистые частицы — всего лишь 1—5%. Пески разнозернистые

Суглинки и супеси в долине р. Ангары переслаиваются с песками и галечниками. Обладают зернистой, микрокомковатой структурой со столбчатой отдельностью. Суглинки обогащены карбонатами кальция и магния. Пористость достаточно велика, однако просадочные явления в них развиты слабее, чем в лёссах. По данным Ин-та земной коры СО АН СССР и Иркутского ГУ, аллювиальные суглинки в районе Братского водохранилища характеризуются естественной влажностью в 20,3%; плотностью 2,7 кг/м^3; объемной массой 1,73 кг/м^3; пористостью в 46,1%; коэффициентом пористости 0,84; числом пластичности 16,3, коэффициентом консистенции 0,55.

Породы терригенной платформенной формации морского генезиса имеют в регионе широкое распространение. Они представлены комплексом алевролит-аргиллито-песчаниковых отложений нижнего ордовика. В подчиненном количестве присутствуют доломит-ангидриты и мергели, иногда загипсованные. Песчаники аркозовые и полимиктовые состав-

ляют 50—75%, иногда обогащены слюдой, серой, железом и марганцем. Цемент глинистый или карбонатно-глинистый с присутствием гидроокислов железа.

Песчаники характеризуются объемной массой от 1,37 до 2,38 кг/м^3; плотностью от 2,65 до 2,76 кг/м^3; временным сопротивлением сжатию в сухом состоянии от $234 \cdot 10^5$ до $398 \cdot 10^5$ н/м^2, в водонасыщенном от $166 \cdot 10^5$ до $272 \cdot 10^5$ н/м^2, после 25-кратного замораживания от $102 \cdot 10^5$ до $264 \cdot 10^5$ н/м^2; коэффициент размягчаемости от 0,62 до 1,0. Алевролиты и аргиллиты имеют однородный состав с преобладанием глинистых минералов, отличаются малой устойчивостью к выветриванию, особенно физическому. К этим отложениям приурочены оползни в долинах рек Ангары, Оки, Уды, Ии, Туманшет Белой и др. Длина оползней несколько сот метров при ширине до 100 м и более. Большая роль в их образовании принадлежит суффозии. На аллювиально-делювиальных образованиях данной формации широко развиты явления просадочности. Коэффициент относительной просадочности делювиальных лёссовидных суглинков при давлении $2 \cdot 10^5$ н/м^2 изменяется от 0,001 до 0,165; при $3 \cdot 10^5$ н/м^2 от 0,007 до 0,174.

На отрезке от Ангарска до Олонки песчаники на крутых склонах, подмываемых реками, отседают, и происходят обвалы и осыпи.

Породы красноцветной верхнетерригенной формации занимают в регионе обширные площади и имеют лагунно-морской, платформенный генезис. Отложения представлены комплексом песчаников, алевролитов с прослоями мергелей, реже известняков и гипсов ордовика и кембрия (верхоянская подсвита), которые относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород. Песчаники комплекса отличаются наибольшей прочностью, особенно полимиктовые. В рельефе они образуют крутые высокие склоны, осложненные конусами осыпей и отседаниями блоков. Цемент песчаников карбонатно-глинистый с примесью гидроокислов железа. Песчаники характеризуются: пористостью 5,09%; водопоглощением 1,19%; плотностью 2,69 кг/м^3; объемной массой 2,55 кг/м^3; сопротивлением сжатию в сухом состоянии $934 \cdot 10^5$ н/м^2. Наблюдается понижение прочности после водонасыщения, 25-кратного замораживания и оттаивания на 31—34%. Образцы хорошо переносят резкие температурные напряжения, но не обладают кристаллизационной прочностью. Карбонатно-глинистые породы крайне неустойчивы к процессам физического выветривания и обладают сравнительно небольшими величинами временного сопротивления сжатию. Мергели развиты главным образом в Приангарье. Они неустойчивы к процессам физического выветривания. На них образуются сравнительно мощные элювиально-делювиальные отложения глинистого и суглинистого состава. У подножия склонов формируются мощные делювиальные покровы, для которых характерны оврагообразование и суффозионно-просадочные явления. В связи с выщелачиванием сульфат-карбонатных пород развиваются карстовые процессы.

По данным Ин-та земной коры СО АН СССР, комплекс пород данной формации характеризуется следующими показателями физико-механических свойств: плотностью 2,70 кг/м^3; объемной массой 2.60 кг/м^3; пористостью 5,98%; водопоглощением 1,31%; временным сопротивлением сжатию пород в н/м^2 $1210 \cdot 10^5$, $874 \cdot 10^5$ и $732 \cdot 10^5$, соответственно в сухом состоянии, водонасыщенном и после 25-кратного замораживания.

Песчаники мергелистые, мелкозернистые, слоистые характеризуются: объемной массой 2,49 кг/м^3, плотностью 2,73 кг/м^3; пористостью 8,79%; водопоглощением 4,53%; временным сопротивлением сжатию

в н/м^2 $561 \cdot 10^5$, $374 \cdot 10^5$ и $312 \cdot 10^5$, соответственно в сухом и водонасыщенном состоянии и после 25-кратного замораживания; коэффициентом размягчаемости 0,66; коэффициентом относительной просадочности 0,35. Алевролиты ордовика характеризуются объемной массой 2,31 кг/м^3; плотностью 2,67 кг/м^3; пористостью в 13,6%; временным сопротивлением сжатию в сухом состоянии $346 \cdot 10^5$ н/м^2. Алевролиты разрушались во влажном состоянии и после 25-кратного замораживания.

Породы терригенно-карбонатной формации палеозоя (ордовик) имеют широкое распространение, особенно в бассейнах р. Лены и на Ангаро-Илимском междуречье. Они представлены комплексом аргиллитов, доломитов, песчаников и известняков, отложившихся в платформенных условиях и относящихся к инженерно-геологической группе полускальных и скальных пород. Преобладают доломиты. Породы имеют массивное сложение и среднеплитчатую отдельность. Структура их тонко- и микрозернистая с прослоями кавернозных и брекчированных разностей. Ракушняковые известняки залегают в виде прослоев и линз. Песчаники образуют тонкие горизонты в карбонатных породах мощностью до 50 см. Наиболее прочными и стойкими являются доломиты, а менее стойкими — известняки. Последние резко снижают прочность при механическом размягчении и разрушаются при испытании на морозостойкость. Песчаники относительно слабо реагируют на процессы механического размягчения и резкие температурные изменения, но заметно снижают прочность после 25 циклов замораживания и оттаивания. Некоторые разности песчаников и доломитов обладают высокой устойчивостью по отношению к выветриванию. В рельефе они образуют отвесные, прослеживающиеся на многие километры уступы и высокие столообразные возвышения. Склоны уступов осложнены отседаниями блоков пород и оползнями. Развит карст.

По данным Ин-та земной коры СО АН СССР, доломиты комплекса характеризуются: объемной массой 2,72 кг/м^3; плотностью 2,84 кг/м^3; пористостью 4,23%; водопоглощением 1,22%; временным сопротивлением сжатию $957 \cdot 10^5$, $957 \cdot 10^5$ и $902 \cdot 10^5$ н/м^2 соответственно в сухом и водонасыщенном состоянии, также после 25-кратного замораживания; коэффициентом размягчаемости 1,0.

Доломитизированные трещиноватые известняки характеризуются: объемной массой 2,47 кг/м^3, плотностью 2,83 кг/м^3; пористостью 13,0%; водопоглощением 1,20%; временным сопротивлением сжатию $585 \cdot 10^5$, $580 \cdot 10^5$ н/м^2 соответственно в сухом и водонасыщенном состоянии; после 25-кратного замораживания они разрушались.

Песчаники массивные, частично выветрелые, характеризуются: объемной массой 2,31 кг/м^3; плотностью 2,71 кг/м^3; пористостью 15,0%; водопоглощением 3,65%; временным сопротивлением сжатию $612 \cdot 10^5$, $548 \cdot 10^5$ и $375 \cdot 10^5$ н/м^2 соответственно в сухом и водонасыщенном состоянии, а также после 25-кратного замораживания; коэффициентом размягчаемости 0,89. Оползни, связанные с породами терригенно-карбонатной формации, распространены по берегам Братского водохранилища, по ж. д. Тайшет — Лена (участок Заярск — Усть-Кут), по речкам Черная, Мука, Купа и др. Обвалы и осыпи тоже часты, они приурочены к эрозионным уступам на склонах долин (левый берег р. Ангары у Каменно-Ангарска). Подземные воды залегают на глубинах 20—30 м, обладают выщелачивающей агрессивностью.

Породы карбонатной формации слагаются комплексом пород нижнего кембрия, широко развитого на востоке региона. Морские, лагунно-морские и прибрежные отложения сформировались в платформенных условиях в жарком климате и при повышенной солености бассейна.

Карбонатные породы составляют более 85—90%. Это массивные и слоистые доломиты, известняки и известковые доломиты, относимые к инженерно-геологической группе скальных пород Активно развиты карстовые процессы. Породы сильно брекчированы, имеют повышенную кавернозность и трещиноватость, подверглись вторичному загипсованию. Известняки и доломиты характеризуются сравнительно высокими показателями прочности с временным сопротивлением сжатию $1436 \cdot 10^5$ и $1363 \cdot 10^5$ н/м^2 и хорошей термостойкостью. Водорослевые известняки с брекчированной структурой имеют пониженную прочность. Они быстрее разрушаются и уменьшают прочность после воздействия резких переходов температуры через 0°. По данным Ин-та земной коры СО АН СССР, доломиты характеризуются: объемной массой от 2,79 до 2,85 кг/м^3 (среднее 2,83 кг/м^3); пористостью от 1,9 до 9,1%; водопоглощением от 0,30 до 2,1%; временным сопротивлением сжатию в сухом состоянии от $892 \cdot 10^5$ до $1749 \cdot 10^5$ н/м^2, в водонасыщенном от $798 \cdot 10^5$ до $1882 \cdot 10^5$ н/м^2 и после 25-кратного замораживания от $978 \cdot 10^5$ до $1046 \cdot 10^5$.

Кавернозные известняки характеризуются: объемной массой 2,83 кг/м^3, плотностью 2,9 кг/м^3; пористостью 5,51%; водопоглощением 0,33%; временным сопротивлением сжатию в сухом состоянии $1363 \cdot 10^5$ н/м^2, в водонасыщенном — $1488 \cdot 10^5$ н/м^2 и после 25-кратного замораживания — $841 \cdot 10^5$ н/м^2.

Известняки водорослевые, брекчированные, ноздреватые характеризуются: объемной массой 2,67 кг/м^3; плотностью 2,80 кг/м^3; пористостью 4,50%; водопоглощением 1,18%; временным сопротивлением сжатию $360 \cdot 10^5$ н/м^2 в сухом состоянии, $391 \cdot 10^5$ н/м^2 в водонасыщенном и $292 \cdot 10^5$ н/м^2 после 25-кратного замораживания. Оползни, блоки и обвалы, связанные с породами карбонатной формации, распространены на левом берегу р. Ангары (села Кяхты, Степь, Мучная и др.). Подземные воды трещинно-карстовые, неагрессивные.

Инженерно-геологические условия региона определяются распространением пород терригенной, красноцветной, карбонатной и терригенно-карбонатной формаций, перекрытых с поверхности рыхлым покровом делювиально-элювиальных отложений; развитием на севере региона сплошной многолетней мерзлоты мощностью до 30—40 м, температурой —0,6° и почти повсеместным распространением островной мерзлоты мощностью до 10 м, приуроченной к днищам впадин и заболоченным участкам с температурой до —0,2°. Мерзлота отсутствует лишь на склонах южной экспозиции и на площадях развития пород карбонатной формации. Глубина сезонного промерзания на участках отсутствия многолетней мерзлоты изменяется от 0,5—1 до 2,75—3 м, а на затемненных участках до 4 м. Широко подвержены процессам пучения промерзающие влажные суглинистые породы. Дожди и оттаивание мерзлых пород являются причиной возникновения сплывов и солифлюкции. Селеопасные участки находятся в верхней части Братского водохранилища, в Приангарье и в районах Бельска, Бохана, Хохора, Лади, Церковной, Буреть-Каменки, левобережья р. Белой и др. На площадях развития карбонатных пород наблюдается проявление карстовых процессов.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий Сибирской платформы

Закономерности формирования инженерно-геологических условий данной территории определились наличием здесь шести рассмотренных выше структурно-геологических регионов, в геологическом строении которых существенную роль играли осадочные отложения и траппы

Строение Сибирской платформы характеризуется локальным распространением двух приподнятых участков фундамента, сложенных архейско-протерозойскими породами метаморфической и интрузивной формаций (Анабарский и Алданский щиты). Эти щиты ограничиваются и разделяются глубокими синеклизами, а также серией внутриплатформенных, краевых и предгорных прогибов, выполненных мощной толщей преимущественно скальных и полускальных пород — траповой, эффузивной, эффузивно-осадочной, терригенной, терригенно-карбонатной и карбонатной формациями.

Характерно сравнительно слабое развитие преимущественно маломощного покрова рыхлых четвертичных отложений элювиального, делювиального и солифлюкционно-делювиального генетических типов Широкое развитие в пределах Вилюйской синеклизы получили песчано-глинистые, озерно-аллювиальные, четвертичные образования. Граница максимального Днепровско-Самарского среднечетвертичного оледенения проходит с севера на запад, ограничивая с востока Анабарский щит от остальной части платформы.

В геоморфологии региона характерно преобладание структурно-денудационных форм рельефа, испытывающего слабые новейшие поднятия. Аккумулятивные формы развиты только в пределах Вилюйской синеклизы, в центральной части Анабарского прогиба и северного склона Алданской антеклизы. Денудационный пенеплен высотой 200—500 м развит на Анабарском щите. Его окаймляют увалисто-холмистые плато той же высоты Более высокие плато (500—1000 м) распространены на южном склоне Алданской антеклизы.

Широким распространением пользуются столовые, ступенчатые плато на горизонтально залегающих или полого падающих интрузивных и эффузивных породах, их траппах, лавах, туфах. В пределах Вилюйской синеклизы и к юго-западу от нее, а также к северо-западу от Байкала распространены холмисто-грядовые равнины и плато на складчатом основании.

Сибирская платформа лежит целиком в области развития многолетнемерзлых пород с таликами в южной половине В северной половине территории мощность промороженных пород достигает 300—400 м и более. Характерной чертой природных условий территории является значительная заболоченность ее и широкое развитие современных геологических, преимущественно мерзлотных процессов: термокарста, солифлюкции, пучения и в меньшей мере карста, обвалов, осыпей, оползней, селей и просадочности. Особенно широко развиты процессы солифлюкции, приуроченные главным образом к покровным суглинкам на пологих и наклонных поверхностях плато и равнин, а также процессы отседания склонов

Гидрогеологические условия в аспекте инженерно-геологических задач характеризуются преобладающим развитием подземных вод деятельного слоя, явлениями наледей и значительным развитием подземных вод в таликах под руслами речных долин. Наряду с пресными и маломинерализованными, слабо агрессивными водами, воды подмерзлотных таликов и надмерзлотные обладают высокой агрессивностью.

Сформировавшиеся климатические условия характеризуются на территории рассматриваемого региона влажным климатом с умеренно теплым летом и суровой малоснежной зимой В регионе господствующим развитием пользуется таежная ландшафтно-географическая зона

При освоении территории и осуществлении инженерных мероприятий должна учитываться специфика климатических условий, возможное протаивание мерзлых пород под фундаментом, распространение и активизация современных геологических процессов, связанных с наличием мерзлых пород, развитие торфов, заболоченность, а в ряде мест региона трудная доступность и сложная проходимость территории

Закономерности инженерно-геологических условий данной территории определяются пологостью и выровненностью рельефа, близким от поверхности земли залеганием скальных и полускальных дочетвертичных образований, перекрытых тонким прерывистым чехлом покровных отложений, наличием мощной толщи в северной половине района промороженных пород, облегчающих проходку подземных выработок и осуществление подземного строительства, а также проявлением комплекса описанных выше современных геологических процессов

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНОВ КОЙЛОГЕННОГО РАЗВИТИЯ

Под койлогенным режимом понимается режим молодых платформ, проявляющийся на обширных участках земной коры континентального строения, длительно развивающихся в течение нескольких геологических периодов

Для данного режима характерны нисходящие медленные движения с увеличенной скоростью в центре региона или на участках наибольших опусканий в завершающий этап геосинклинального развития, непосредственно за которым и наступает койлогенный режим

В отличие от платформенного режима движения слабо различаются по знаку и скорости Фундамент не раскалывается и подвижки происходят по разрывам, унаследованным от геосинклинального периода развития, причем разрывы не выходят за пределы фундамента

Пространственно койлогенный режим взаимодействует с орогенным или платформенным, но иногда и с геосинклинальным на участках соприкосновения с последним, как, например, Скифско-Туранская койлогенная область Магматические проявления отсутствуют или слабо выражены в зонах, примыкающих к разломам фундамента

Сейсмическая активность региона данного типа незначительная

В пределах территории СССР выделяются следующие группы регионов койлогенного развития Большеземельские, Скифско-Туранские, Обские

В РЕГИОНЫ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКИЕ

Большеземельские регионы койлогенного развития включают невысокую возвышенность Тиманского кряжа, Печорскую синеклизу (среднее и нижнее течение р Печоры), полуострова Канин, Рыбачий, Средний В структуре данного региона выделяются складчатый фундамент, сложенный метаморфизованными породами допалеозойского возраста, и покров из слабо дислоцированных осадочных пород от нижнепалеозойских до четвертичных В пределах данной структуры выделяются два региона Тиман и Печорская синеклиза

Тиман представляет собой широкое, пологое антиклинальное поднятие, возникшее в результате блокового поднятия фундамента в конце палеозоя и в триасе — после окончания геосинклинального развития этой системы и после того, как пенепленизированная поверхность ее была перекрыта отложениями палеозоя.

Тиман разбит серией параллельных разломов северо-западного простирания, благодаря чему наблюдаются вытянутые валы (горсты), сменяемые прогибами (грабены). Местами встречаются выходы метаморфического комплекса пород фундамента. Вкрест простирания Тимана наблюдается смена зон складчатых пород с участками, где слои залегают почти горизонтально или слабо прогнуты, образуя мульды. Характерны также флексуры, структурные террасы и брахискладки. В структуре покрова Тимана выявляется унаследованность развития структурных форм и разломов от фундамента, что отличает Тиман от Русской платформы.

Печорская синеклиза представляет собой депрессию, выполненную карбонатными породами палеозоя. В структуре ее с запада на восток наблюдается чередование вытянутых с северо-запада на юго-восток трех прогибов, разделенных валообразными поднятиями. В ней выделяются также Верхне-Печорская, Косью-Роговская и Коротаихинская впадины, вытянутые вдоль прогиба. Строение впадин сходное. Они выполнены толщей палеозойских и триасовых отложений. Фундамент залегает на глубине более 5000 м.

Геологическая история Тимана и п-ова Канин сходна. От нижнего и до среднего кембрия эта территория представляла геосинклиналь, где происходило мощное осадконакопление, сопровождаемое выделением магмы.

В каледонское время осадки были смяты в складки и произошло присоединение геосинклинали к Русской платформе. В среднедевонскую эпоху в период ингрессивного движения моря происходило усиление складчатости Тимана, возникали крупные расколы, сопровождаемые вулканической деятельностью. В период варисцийской складчатости породы были сильно дислоцированы и приподняты. Выступы пород дочетвертичных формаций сопровождаются глубоким погружением фундамента по юго-западному краю Тимана и постепенным погружением в северо-восточном направлении.

Прогиб, окаймляющий Тиман, представляет собой систему параллельных Тиману древних складчатых сооружений, погрузившихся под палеозойские и мезозойские отложения, в результате разломов и происшедших по ним блоковых локальных поднятий и опусканий, осложнивших общее погружение. Он прикрыт сплошным чехлом четвертичных отложений.

Формирование Печорской гряды, начавшееся в каменноугольное время, проявилось в виде линейно вытянутой зоны, протягивающейся параллельно Тиману, разделяя Печорскую синеклизу на две впадины.

В каменноугольный период наибольшее прогибание охватило область Печорской впадины, а в районе Печорской гряды началось нарастающее поднятие.

Характерной особенностью климата Большеземельских регионов является холодная продолжительная зима с коротким летом. На п-ове Канин среднегодовая температура воздуха изменяется в пределах минус 1,0—1,5°, а в северо-восточной части снижается до минус 6,3°. Среднемесячная температура самого холодного месяца — января равна минус 7,6—9,9°, а самого теплого месяца — июля изменяется от +10,0

до +12,0° Среднегодовое количество выпадающих осадков составляет 300—400 мм.

Зима продолжается с октября по май. Скорость ветра для северных районов достигает 4,1—6,2 м/с. Направление ветра зимой южное и юго-западное, летом — северное и северо-западное. Толщина снежного покрова достигает 60—70 см. Мощность сезонно-талого слоя для района г. Нарьян-Мара в среднем составляет 1,5 м для, Усть-Цильмы — 1,46 м.

Гидрографическая сеть принадлежит бассейну северных морей. Главной водной артерией является р. Печора общей длиной 1809 км. Средний годовой расход в устье равен 4120 м³/с. Вскрытие Печоры начинается от верховьев, замерзание с низовий. Продолжительность безледного периода составляет 165 дней, уменьшаясь в районе дельты до 110 дней.

Характер растительности с севера на юг постепенно изменяется от тундры до лесотундры.

В тундровой зоне развиты почвы тундровые глеевые оподзоленные. На песчаных породах, на крутых склонах Тимана образуются элювиально-гумусовые почвы. На карбонатных породах встречаются небольшие участки весьма плодородных дерново-карбонатных почв.

Регион 16. Тиман. Тиманское поднятие вместе с п-овом Канин представляет собой зону дислокаций с несколькими фазами складчатости и вулканизма.

В геоморфологическом отношении регион представляет собой единую область Канино-Тиманское низкогорье с ледниковыми и морскими равнинами, разделенными глубокими и широкими речными долинами.

Низкогорный рельеф выделяется в Среднем Тимане. Наиболее ярко выраженным поднятием здесь является Четласский Камень, с отметками 300—471 м. К цокольным возвышенным равнинам относится хр. Пае на п-ове Канин, Чайцынский Камень, Косьминский Камень, Вымско-Кедвинское, Оч-Парминское и Джеджим Парминское поднятия высотой 150—160 м.

Ледниковые равнины развиты в прибрежных районах и сложены ледниково-морскими отложениями. Водноледниковые равнины с отметками до 150 м развиты на юге района. Они сложены флювиогляциальными образованиями. Морские равнины с отметками 40—60 м выделяются на п-ове Канин. Канинский кряж имеет несколько асимметричный рельеф, почти лишенный покрова четвертичных отложений, и сложен в основном метаморфическими сланцами Отчетливо выделяется хр. Пае с преобладающими абсолютными отметками около 200 м. Тиманский кряж, протягиваясь с северо-запада на юго-восток, состоит из четырех параллельных гряд, разделенных продольными впадинами. Впадины то расширяются до 10—15 км, то сужаются до нескольких сот метров. Плоские вершины гряд местами сильно заболочены. Плато расчленено глубокими и широкими долинами. Водоразделы имеют выровненную поверхность с отметками от 200 до 255 м. Мощность четвертичного покрова колеблется от 2 до 4 м, увеличиваясь в пониженных частях рельефа. Здесь широко распространены карстовые явления. Долины рек рассекают Тиманский кряж в поперечном и продольном направлениях. В нижнем течении долины образуют узкие, местами каньонообразные понижения с глубоко врезанными меандрами.

Четвертичные отложения в регионе обычно промерзлые, имеют малую мощность. Они представлены ледниковыми, морскими (бореальные трансгрессии), ледниково-морскими и озерно-аллювиальными генетическими типами.

Ледниковые отложения московского оледенения сложены комплексом валунных суглинков, плотных с линзами супесей и песков. Средняя мощность их 4—6 м, максимальная 10—12 м.

На п-ове Канин и на Северном Тимане развит комплекс ледниково-морских отложений, представленный суглинками с прослоями песков, с галькой и валунами. Подземные воды в них обладают местами напором. Они приурочены к песчаным прослоям и встречаются на глубинах от 2 до 20 м.

На Южном Тимане на отдельных небольших участках залегают моренные и флювиогляциальные отложения. Последние представлены комплексом песков, супесей с галькой и гравием.

Морские отложения, развитые на севере, представлены комплексом песков, супесей и суглинков с галькой.

Озерно-аллювиальные и аллювиальные отложения имеют ограниченное развитие и представлены комплексом песков и глин, связанных с речными долинами.

Наиболее широко развиты дочетвертичные отложения пород терригенной, терригенно-карбонатной, карбонатной и метаморфической формаций.

Породы терригенной формации среднего девона, распространенные в районе Чайцынского и Косьминского Камней, представлены песчаниками и алевролитами лагунно-континентального происхождения. Они относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород, мощность которых достигает 100—200 м. Породы в целом крепкие, прочные, практически несжимаемые. Объемная масса песчаников изменяется от 2,50 до 2,65 кг/м^3; водопоглощение 0,22—0,72%; давление $15 \cdot 10^5$—$40 \cdot 10^5$ н/м^2. Подземные воды залегают в них по трещинам в виде жилок льда.

Породы терригенно-карбонатной формации представлены тремя комплексами.

1. Комплекс известняков и песчаников силурийского возраста относится к инженерно-геологической группе скальных пород. Мощность отложений 100—120 м. Незначительные выходы их встречаются на побережье в районе Северного Тимана.

2. Комплекс песчаников, известняков с прослоями глин верхнего девона, который распространен повсеместно, относится к инженерно-геологической группе скальных пород с пластичными. Мощность отложений 800—1000 м. Временное сопротивление сжатию известняков выше $5 \cdot 10^7$ н/м^2. Присутствие глинистых прослоек снижает несущую способность пород. С карбонатными породами связаны карстовые явления, наиболее широко развитые на Южном Тимане. Диаметр воронок колеблется от 1—2 до 10—20 м, а глубина их достигает 3—4 м.

3. Комплекс песчаников, известняков и мергелей прибрежно-морского и континентального генезиса верхнепермского возраста относится к инженерно-геологической группе полускальных пород. Выходы этих отложений наблюдаются на Южном Тимане и достигают мощности 500—700 м.

Породы карбонатной формации представлены комплексом известняков, доломитов и мергелей каменноугольного и нижнепермского возраста. Мощность отложений 300—500 м и более. Они относятся к инженерно-геологической группе скальных пород Данный комплекс имеет широкое развитие и перекрыт маломощным прерывистым чехлом четвертичных отложений. Породы практически несжимаемые, прочные, проницаемые только по трещинам. Пористость изменяется в пределах

1—3%. Объемная масса известняков колеблется от 2,24 до 2,76 г/см³. Временное сопротивление их сжатию обычно превышает $5 \cdot 10^7$ н/м², давление на мергели $15 \cdot 10^5$—$40 \cdot 10^5$ н/м². Выемки в этих породах сохраняют крутые и вертикальные откосы прямого очертания. С указанным комплексом пород связаны карстовые процессы, особенно активные в пределах Среднего Тимана.

Породы метаморфической формации представлены комплексом филлитов, кварцитов, мраморов, сланцев и парагнейсов протерозойского возраста, мощность которых достигает нескольких километров. Временное сопротивление сжатию филлитов $75 \cdot 10^6$—$144 \cdot 10^6$ н/м²

Инженерно-геологические условия региона определяются низкогорным расчлененным рельефом территории, широким развитием дочетвертичных пород карбонатной, терригенно-карбонатной, терригенной и метаморфической формаций, которые на отдельных участках перекрыты маломощным невыдержанным чехлом песчаных, глинисто-песчаных или суглинистых с крупнообломочными четвертичных отложений ледникового или морского генезиса. В северной части отложения промерзлы и содержат небольшие линзы льда

Подземные воды в дочетвертичных отложениях носят трещинный характер и залегают на глубинах более 50 м, а в четвертичных от 2 до 8 м Широко развиты карстовые процессы, в зоне многолетней мерзлоты карстовые полости заполнены льдом. Территории, сложенные четвертичными отложениями, заболочены.

Регион 17. Печорская синеклиза. В тектоническом отношении Печорская синеклиза является эпибайкальской платформой, древний фундамент которой представляет продолжение нижнего структурного этажа Тимана В строении Печорской синеклизы отчетливо выступают локальные антиклинальные структуры — поднятия, сложенные девонскими, каменноугольными и пермскими отложениями. Эти поднятия носят название Печорской гряды.

В геоморфологическом отношении данный регион представляет область Печорской ледниковой равнины, сложенную мощной толщей четвертичных пород. В северной части область сложена морскими и ледниковыми отложениями, а в южной флювиогляциальными и озерно-аллювиальными Северная часть территории области находится в зоне развития многолетней мерзлоты. В области развиты оползневые процессы, солифлюкция и эрозия. По всей площади региона дочетвертичные породы перекрыты мощным чехлом четвертичных отложений, морского, ледникового, водно-ледникового ледниково-морского и озерно-аллювиального генезиса

Морские отложения верхнечетвертичного и современного возраста представлены комплексом разнозернистых песков, супесей, реже суглинков общей мощностью от 10—20 до 40 м. Они слагают прибрежные террасы высотой до 40—60 м и террасы в устье р. Печоры. Отложения промерзлы, содержат линзы льда.

Ледниково-морские отложения представлены комплексом суглинков, супесей и песков с галькой и валунами. Подчиненное значение имеют легкие и тяжелые супеси — плотные, неясно- и тонкослоистые. Встречаются прослои разнозернистых песков с гравием, галькой и валунами. В естественных условиях эти отложения держат откосы крутизной 35—45° Число пластичности у глин составляет 10—20, в естественном состоянии влажность отложений составляет 20—25%. Объемная масса пород с естественной влажностью равна 1,88—2,12 г/см³

Водоносность песчаных прослоев незначительная. Воды в основном напорные, с глубиной залегания 0—20 м, обладают выщелачивающей, реже общекислотной агрессивностью.

Как отмечалось выше, бо́льшая часть четвертичных отложений находится в области распространения многолетнемерзлых пород с температурой от 0 минус 0,2° на юге, понижаясь к северу и северо-востоку до минус 1,5—2,0°С

С ледниково-морскими отложениями связаны оползневые явления и солифлюкция. Часто на оползневых склонах и стенках срыва наблюдаются оплывины Ледниковые отложения представлены комплексом валунных суглинков днепровского оледенения и относятся к группе глинистых пород с включением обломочных Они имеют ограниченное распространение Мощность комплекса колеблется в пределах 30—40 м и более

Флювиогляциальные отложения широкое развитие имеют в южной части региона Они представлены комплексом разнозернистых песков с прослоями супесей и включением гравия, гальки и редких валунов Мощность комплекса колеблется от 10 до 30 м. Глубина залегания подземных вод флювиогляциальных отложений варьирует от 0 до 20 м. Флювиогляциальные отложения обладают хорошей отдачей, легко дренируются и поэтому менее подвержены пучению в зимнее время В выемках и карьерах они слагают откосы в 30—40°

Озерно-аллювиальные отложения представлены комплексом песков и галечников Мощность комплекса 5—10 м Подземные воды в них залегают на глубинах от 0 до 10 м, обладают выщелачивающей, реже общекислотной, а в отдельных случаях углекислотной агрессивностью Для комплекса характерна высокая пористость в пределах 40—48% и низкая естественная влажность 2—3% Объемная масса скелета грунта равна 1,43—1,45 г/см^3, при естественной влажности 1,53—1,59 г/см^3 Коэффициент фильтрации изменяется от десятых долей до 7,2 м/сут.

С песчано-галечниковым комплексом связаны оползневые процессы, которые развиты на склонах рек Усы и Ижмы и их притоков Оползание пород происходит в виде блоков шириной до 100 м и высотой от 2—5 до 10—20 м Амплитуда смещения в отдельных случаях превышает 10 м. Формы оползневых склонов чаще всего одноступенчатые

Озерные отложения представлены комплексом суглинков, песков и торфов Они залегают в многолетнемерзлой зоне. Льдистость озерных отложений изменяется от 20 до 70% Наибольшая льдистость отмечается в торфе Лед встречается в виде беспорядочно расположенных прослоев и гнезд Мощность сезонно-талого слоя для района Нарьян-Мара и Усть-Цильмы незначительная и в среднем равна 1,5 м Развиты пучение, суффозия и заболачивание

Породы терригенной формации представлены комплексом песчаников, алевритов, конгломератов и глин триасового, юрского и нижнемелового возраста и относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород с песчаными и глинистыми

Отложения развиты на большей части синеклизы и на отдельных участках перекрыты мощным чехлом четвертичных образований. С терригенной формацией связаны оползни, наблюдаемые по берегам р. Ижмы Оползни имеют протяженность по склону до 100—150 м

Инженерно-геологические условия Печерской синеклизы определяются равнинным характером рельефа, сплошным развитием четвертичных отложений ледникового, морского и озерного генезиса, которые в северной части региона насыщены льдом и промерзлы Подстилающие их дочетвертичные, преимущественно терригенные образования залегают на больших глубинах.

Подземные воды, связанные с рыхлыми отложениями, залегают

сравнительно близко от поверхности, обладают местным напором и являются агрессивными Широко развиты в регионе пучение, заболачивание, солифлюкция, а по долинам рек оползни

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Большеземельских регионов

Закономерности формирования Большеземельских регионов определились наличием здесь двух структур Тимана и Печорской синеклизы В структуре данных регионов выделяется складчатый фундамент, сложенный метаморфизованными породами допалеозойского возраста, а также покров слабо дислоцированных осадочных пород от нижнепалеозойских до четвертичных включительно

В ядре Тимана сформировались отложения метаморфической формации протерозоя с обломочными породами терригенно-карбонатной и карбонатной формации девона, карбона и перми, а в Печорской синеклизе современные морские, ледниковые, ледниково-морские и флювиогляциальные отложения, а также породы терригенной формации

По территории регионов проходит граница среднечетвертичного московско-тазовского и позднечетвертичного калининско-зырянского оледенений

Типичным для данной территории является проявление новейших тектонических движений — поднятий в западной части и опусканий в восточной, а также развитие в северной части многолетней мерзлоты В геоморфологии Тимана преобладают структурно-денудационные холмисто грядовые равнины и плато, а также плоскоувалистые денудационные пенеплены на складчатом основании Геоморфология Печорской впадины характеризуется широким развитием холмистых ледниковых и ледниково-морских аккумулятивных равнин, прорезанных неглубокими долинами р Печоры и ее притоков с широкими аккумулятивными террасами

В регионе широко развиты процессы, связанные с многолетней мерзлотой заболоченность, термокарст, пучение, солифлюкция и др

Гидрогеологические условия характеризуются развитием надмерзлотных сезонных вод тундры севера, а также верховодки Это зона интенсивно избыточного увлажнения с преобладающей глубиной залегания вод от 0 до 1 м Воды ультрапресные с минерализацией до 100 мг/л, гидрокарбонатнокремнистые с большим содержанием органических веществ

При проектировании освоения территории необходимо учитывать возможность протаивания мерзлых пород под фундаментами сооружений, распространение указанных современных геологических процессов и развитие торфов

Г РЕГИОНЫ СКИФСКО-ТУРАНСКИЕ

Данная территория включает восточную часть прогиба Большого Донбасса, Скифскую плиту, Индоло-Кубанский и Терский предгорные прогибы, Предкарпатский прогиб, Прикопетдагский и Восточно-Туркменский прогибы, Южно-Таджикскую межгорную впадину, Туранскую плиту, Ферганскую межгорную впадину, Тургайский прогиб

Основной особенностью этой территории является широкое развитие слабо дислоцированных отложений (от триаса до современных), выполняющих депрессии разной глубины и подстилаемых сложно построенным разновозрастным фундаментом, сформированным в позднем па

леозое и выходящим на дневную поверхность в Донбассе, Мангышлаке, Туаркыре, Кызыл-Кумах.

На западе данная территория по разломам граничит с Русской платформой, на юге с Альпийской складчатостью, отделяясь от нее зоной надвигов и флексур. На севере и северо-востоке она граничит с горноскладчатыми системами Урала, Казахстана и в Тургае условно с Кустанайским валом. На востоке территория по сложной границе соприкасается с горными сооружениями Тянь-Шаня. Характерна неоднородность ее геологического строения.

Сейсмическая активность на большей части территории незначительна, за исключением горных сооружений, окаймляющих ее с юга и востока. Наиболее сейсмоактивные зоны приурочены к разломам между краевыми прогибами и складчатыми сооружениями (Ашхабадская и Прибалхашская). Западные зоны — Предкарпатская, Крымская и Предкавказская — являются менее активными. На фоне господствующих широтных простираний структурных элементов региона отмечается наличие трех наиболее крупных блоков, два из которых — Скифский и Закаспийский — включают территорию Туркмении, Устюрта, а Аралo-Тяньшаньский замыкает регион с востока. Мощность покрова осадочных пород колеблется от первых сот метров до 12 км.

В течение среднего и позднего палеозоя, а также раннего мезозоя на большей части региона господствовал геосинклинальный режим. Фундамент региона построен из блоков докембрийских и нижнепалеозойских дислоцированных и метаморфизованных пород.

Все осадочные отложения юры, мела и кайнозоя, слагающие чехол региона, относятся к единому структурному ярусу, внутри которого выделяются четыре подъяруса.

В Скифской части покрова такие перестройки наблюдались между средней и верхней юрой, эоценом и олигоценом, миоценом и плиоценом. В первом подъярусе, развитом в восточном и, по-видимому, в южном Предкавказье, отвечающем начальному этапу образования чехла и глубоких прогибов Кавказской геосинклинальной системы, развиты нижние и среднеюрские осадочные и вулканогенные породы, мощность которых изменяется от 200 до 1000 м. Второй подъярус, отвечающий периоду значительных опусканий, слагается отложениями верхней юры, мела, палеоцена и эоцена мощностью 4—5 тыс. м (Каркинитский, Джанкойский прогибы). Структуры третьего подъяруса, сформированные в период образования глубоких Предкавказских прогибов, сложены породами олигоцена и миоцена мощностью от 5 тыс м в осевой зоне, до 100 м и меньше вблизи Русской платформы, Крыма и Кавказа.

Развитие структурных форм четвертичного возраста происходило в послемиоценовый этап интенсивного поднятия Большого Кавказа, включая и Ставропольское поднятие с одновременными небольшими погружениями в осевой зоне прогиба. Мощность отложений этого подъяруса 1—2 тыс м. Большие опускания происходили в восточной части Предкавказских прогибов.

Для Туранской части региона характерно широкое развитие в Закаспийском блоке красноцветных пермских пород и континентально-морских триасовых моласс, типичных для конечного этапа геосинклинального развития. Покров данной части региона начал формироваться с конца позднего триаса — начала ранней юры. Здесь также выделяются подъярусы между этапами перестройки структурного плана, происходившими между мелом и палеогеном и между палеогеном и неогеном.

Структуры первого подъяруса сложены верхнетриасовыми, юрскими и меловыми породами, а второго — палеогеновыми Мощность от-

ложений обеих подъярусов изменяется от 0,5—1,0 до 5—8 тыс м (Предкопетдагский прогиб).

Структуры третьего подъяруса представлены неоген-четвертичными отложениями, сформировавшимися в эпоху резкой дифференциации тектонических движений, особенно проявившихся на Тянь Шане, Памире, а также во время инверсионного развития Альпийской геосинклинальной области с накоплением мощных моласс на смежных площадях глубоких прогибов

Образование отложений и структурных форм Скифско-Туранского региона началось в конце позднего триаса — начале лейаса вслед за окончательным этапом геосинклинального развития этой территории

Характерным является унаследованность развития структур покрова от структур фундамента, что проявляется в сходстве ориентировки, а иногда и форме со структурами фундамента В начальный период проявлялась вулканическая деятельность, отраженная в первом и частично втором подъярусах Скифской части и незначительная в третьем и четвертом ярусах пород среднего состава Аналогичная картина наблюдается и в Туранской части региона

В конце палеозоя — начале мезозоя в пределах Скифского и Закаспийского блоков происходило дальнейшее углубление синклинальных зон Крыма, Азовской, северо-западного Предкавказья, Мангышлака, Туаркыра и Устюрта, где отлагались породы поздней перми — триаса с незначительными излияниями кислого и среднего состава

Образование осадочного покрова началось в Восточно-Мангышлакском прогибе, по-видимому, с перми, в Туранской части койлогена с рэта, в восточном Предкавказье с ранней юры Остальные участки в это время медленно вздымались

С раннего олигоцена в течение миоцена, плиоцена, а в ряде мест и по настоящее время (западное и юго-восточное побережье Каспия) шло интенсивное формирование песчано-глинистого покрова всей южной части региона

Климат Скифско-Туранских регионов умеренно континентальный, к востоку континентальность его возрастает Лето жаркое и сухое Среднегодовая температура воздуха изменяется от 7 до 10°. Температура января колеблется от минус 2 до минус 40°С В июле она составляет 20—27° Годовое количество осадков на западе 400—600 мм, на юге 100—200 мм Снежный покров небольшой на севере региона 25—30 см, на юге — 15—20 см Преобладающими ветрами являются восточные, которые дуют в зимнее время На востоке, вследствие аридности климата и большой засоленности почв, растительность имеет однообразный покров, который представлен ксерофитами и галофитами На западе региона растительность довольно разнообразна В пределах северной части региона развиты суглинисто-глинистые сероземы под ковыльно-разнотравной растительностью

Гидрографическая сеть на западе сравнительно густая и представлена в основном малыми реками, которые впадают в Днепр и в Северный Донец На востоке наиболее крупными реками являются Сырдарья, Сары-Су, Арысь-Су, Иргиз, Улькаик и др Течение рек наблюдается только весной, летом вода сохраняется лишь в плесах Они периодически меняют свои очертания и размеры, нередко высыхая к концу лета и вновь возникая весной.

В питании рек участвуют как талые воды сезонных снегов в пониженных частях бассейна, так и запасы многолетних снегов и ледников высокогорной зоны Поэтому они относятся к типам рек смешанного питания

Реки Ферганской впадины питают сложную и многочисленную сеть ирригационных каналов, к числу которых с расходами 70—100 м³/с относятся Шаариханский, Большой Ферганский, Северный и Южный Ферганские каналы.

Озера региона имеют соленую воду. Аральское море является самым большим озером, местное опреснение его связано с подводными родниками.

Регион 18. Восточная часть прогиба Большого Донбасса. Донецкое складчатое сооружение включает Открытый Донбасс и прилегающие районы, где угленосные терригенно-карбонатные отложения перекрыты более молодыми породами.

Регион в тектоническом отношении представляет синклинорий со складчатыми структурами субширотного направления. Юго-восточная часть его является областью складчатых структур — главная антиклиналь, а северо-западная характеризуется купольной тектоникой. Складчатые структуры осложнены системой крупных разрывных нарушений надвигового и сбросового характера.

Регион Донбасса представляет одну обширную геоморфологическую область — Донецкий кряж. Последний является древним пенепленом с домеловой, палеогеновой, сарматской и понтической денудационными поверхностями. В его рельефе на западе выделяется эрозионно-денудационная равнина, а в центральной и восточной — эрозионно-денудационная возвышенная равнина.

Этот рельеф сформировался в результате обновления тектонических поднятий и отражает тесную зависимость от характера и тектоники дочетвертичных пород. Зависимость рельефа от структуры проявляется также в развитии каменных гряд и гривок высотой до 7—8 м, бугров и куполов в центральной части кряжа.

Купола приурочены к континентальной зоне Донецкого кряжа (Софиевский, Центральный, Острый Бугор и др.). Особенностью центральной части Донецкого кряжа является совпадение возвышенных водоразделов с синклинальными структурами. Горизонтальное расчленение кряжа обычно не превышает 200 м, вертикальное — 70 м. Средние углы склонов 3—6°. В юго-западной части области значительное влияние на рельеф региона оказывают карстовые процессы. Галогенный карст проявляется в виде крупных мульд оседания (500×250×8 м) со скоростями современного опускания до 13—28,5 см/год и отдельными провальными воронками (150×100×10 м). Общая глубина карстования соленосных нижнепермских отложений 190—210 м. Сульфатный карст в виде пустот проявляется по стенкам забоев в выработках, занимая площади от 1 до 52%, а также в виде провальных воронок размером до 10 м в диаметре. На поверхности земли карбонатный карст проявляется в виде глубоких до 25—35 м обводненных систем полостей и отдельных древних и современных провальных воронок в нижнекаменноугольных отложениях, а также полостей до 500 м длины — в среднекаменноугольных известняках, вскрытых выработками. Отдельные полости отмечаются в верхнемеловых отложениях. Площади развития карста охватывают от 2 до 12 км². В северо-западной части области имеются купольно-останцовые формы, связанные с обнажениями пород от каменноугольного до мелового возраста. Поверхность их значительно расчленена (глубина эрозионного вреза до 150 м).

В целом область является эрозионно-денудационной волнистой равниной, характеризующейся густой и глубоковрезанной долинно-балочно-овражной сетью. Наблюдается проседание дневной поверхности в районе подземных горных выработок.

Наиболее широко, преимущественно в западной части региона, развиты с поверхности *эолово-делювиальные отложения,* представленные комплексом лёссовидных тяжелых и средних суглинков мощностью от 10 до 20 м, подстилаемые красно-бурыми глинами.

Суглинки обладают способностью проседать при замачивании и под нагрузкой. Величина просадок изменяется от 8—15 см на севере до 30 см на юге региона. Грунтовые воды на междуречных пространствах залегают на глубинах 5—10 м, а на водоразделах от 10 до 20 м

В центральной и восточной частях региона бо́льшая часть территории покрыта элювиально-делювиальными отложениями мощностью от 2—3 до 10 м. Это комплекс суглинков и супесей с обломками и щебнем дочетвертичных осадочных пород. Залегают эти образования на каменноугольных отложениях и относятся к инженерно-геологической группе связных пород с крупнообломочными.

Аллювиальные отложения представлены комплексом разнозернистых песков мощностью 10—20 м. Грунтовые воды в них залегают на глубинах от 2 до 5 м, имеют повышенную минерализацию и сульфатную агрессивность.

Дочетвертичные отложения терригенно-карбонатной формации карбона, девона и перми представлены комплексом песчаников, известняков с прослоями и пачками каменных углей. Они имеют большую мощность, относятся к породам, обладающим высокими прочностными показателями и принадлежат к инженерно-геологической группе скальных пород. Подземные воды в них залегают на больших глубинах — от 10—30 м и более. Воды обычно агрессивны к несульфатостойким цементам и, кроме того, осложняют подземную разработку каменных углей.

Инженерно-геологические условия региона в целом определяются: 1) рельефом территории в виде гряд и гривок, образуемых вдоль простирания дочетвертичных пород; 2) малой мощностью и прерывным распространением четвертичных отложений; 3) расчлененностью узкими каньёнообразными речными долинами; 4) горизонтальным расчленением рельефа — 200 м, вертикальным — до 70 м, средними углами наклона поверхности 3—6°, наличием участков долин для сооружения плотин и водоемов.

При осуществлении промышленно-гражданского (наземного) строительства в регионе следует учитывать: возможность образования проседания дневной поверхности над шахтными полями; наличие закарстованности дочетвертичных пород (юго-запад); просадочность лессовых пород (запад) и эрозионные процессы (северо-запад).

Регион 19. Скифская плита, Индоло-Кубанский и Терский предгорные прогибы. Регион располагается в пределах Северного Предкавказья, представляющего собой, по данным глубокого бурения и геофизических исследований, эпигерцинскую платформу, складчатое основание которой сложено палеозойскими, а перекрывающий чехол — мезозойскими и кайнозойскими осадочными породами.

В средней части региона складчатое основание приподнято, образуя Ставропольское поднятие, которое к югу соединяется с мегантиклинорием Большого Кавказа. В северной части располагаются передовые прогибы: Западно-Кубанский, Восточно-Кубанский, Терско-Каспийский и Кусаро-Дивичинский.

В регионе выделяется восемь геоморфологических областей: Приазовская эолово-делювиальная лессовая равнина; Ставропольская возвышенность; эолово-делювиальная лессовая равнина Восточного Пред-

кавказья; Прикубанская наклонная равнина и равнина Восточного Предкавказья; эолово-делювиальная равнина Степного Крыма; Терско-Сунженское низкогорье; Прикаспийская аллювиально-морская равнина.

Область эолово-делювиальной Приазовской лессовой равнины расположена на западе региона. Равнина плоская, слабо расчленена, эрозионный врез неглубокий. Горизонтальное расчленение 0,1—0,2 км, вертикальное 10—20 м — на западе и до 40—50 м — на востоке. Равнину слагает с поверхности толща лёссовидных эолово-делювиальных суглинков мощностью 30—40 м, подстилаемых терригенными породами неогена.

Подземные воды залегают на глубине от 10 до 25 м на водоразделах, от 5 до 25 м на склонах долин и от 3 до 5 м на поймах и низких террасах рек. Вода озер обладает, как правило, сульфатной агрессивностью. Современные геологические процессы развиты слабо.

В области Ставропольской возвышенности на юге расположены эрозионно-денудационные, глубоко расчлененные высокие равнины и депрессии. Это обширные понижения рельефа, в пределах которых разработаны широкие долины рек. Эрозионная сеть Ставропольской возвышенности развита слабо. На склонах, сложенных майкопскими глинами, широко распространены оползни, оплывины, грязевые потоки. В центральной части области и на правобережье р. Калауса находятся останцовые структурно-денудационные платообразные возвышенности, которые связаны с выходами на поверхность карбонатных и терригенно-карбонатных пород.

С запада, востока и севера область окаймляется эрозионно-аккумулятивной равниной, сложенной красноцветными глинами, перекрытыми лёссовидными суглинками. Равнины расчленены терразированными долинами главных рек и балочной сетью. На водоразделах, сложенных лёссовидными суглинками, широко развиты просадочные явления. Грунтовые воды в области залегают в нижней части лёссовидных суглинков и в подстилающих их дочетвертичных отложениях на западном склоне на глубине 10—20 м, а на северном и восточном — на глубине 30—50 м. Подземные воды обладают сульфатной агрессивностью. Освоение территории осложнено вследствие интенсивно развитой эрозионной сети, карстовых процессов карбонатных пород и оползневых явлений на склонах, сложенных породами майкопской свиты.

Область эолово-делювиальной лёссовой равнины Восточного Предкавказья расположена у основания восточного склона Ставропольской возвышенности. Горизонтальное расчленение ее рельефа незначительное — 0,2 км, вертикальное 75—100 м. Поверхность области сложена мощной толщей лёссовых сильно просадочных пород, в которых грунтовые воды залегают, как правило, на больших глубинах (более 30 м), за исключением долин р. Кумы и Терека, где они расположены близко от поверхности. Подземные воды обычно обладают сульфатной агрессивностью. Условия строительного освоения области осложнены широким развитием просадочных явлений лёссовых пород.

Область Прикаспийской аллювиально-морской равнины представляет собой терразированную равнину, глубина эрозионного вреза которой не превышает 25 м, а горизонтальное расчленение составляет 0,1 км/км^2.

Рельеф равнины пологоволнистый с многочисленными старыми руслами. Абсолютные отметки колеблются от 10—20 м на западе, до 27 м — на востоке. В области развита мощная толща аллювиальных отложений (до 80—100 м), чередующаяся в прибрежной части с морскими осадками Каспия. Подземные воды залегают на глубинах от

0,5 до 6 м, обладают сульфатной агрессивностью. В области развиты оползни глинистого делювия на склонах, а в прибрежной части заболачивание и многочисленные речные протоки.

Область Терско-Сунженского низкогорья характеризуется значительной эрозионной расчлененностью; горизонтальное расчленение более 1 км/км^2. Глубина эрозионного вреза составляет 250—300 м и более. Абсолютные отметки хребтов достигают 900 м.

Терский и Сунженский хребты сложены молассами, а долина Терека — аллювиальными супесями, песками и гравием, перекрытыми лёссовидными делювиальными суглинками и глинами мощностью в несколько метров. Широко развиты в области оползневые процессы, распространенные на склонах хребтов. Просадочные явления характерны для делювиальных лёссовидных суглинков. Подземные воды распространены спорадически, залегают на глубинах 5—20 м. В долине р. Терека глубина залегания подземных вод изменяется от 1—3 до 10—13 м.

Область Прикубанской наклонной равнины и равнина Восточного Предкавказья примыкают к северному подножию Большого Кавказа. Долинами левых притоков Кубани и Терека равнина расчленена на ряд междуречных плато. Абсолютные отметки равнины на юге достигают 300 м, на севере снижаются до нескольких десятков метров. Глубина эрозионного вреза 75—150 м, горизонтальное расчленение 0,4—0,5 км.

Область слагают флювиогляциальные, делювиальные и аллювиальные отложения, которые перекрыты лёссовидными суглинками мощностью 6—12 м. Здесь развиты оползни делювиальных суглинков по правому берегу рек Кубани и Терека и в долинах их притоков. Подземные воды залегают на глубинах 5—15 м, являясь, как правило, неагрессивными.

Область эолово-делювиальной равнины Степного Крыма представляет собой полого понижающуюся к северу, слабо расчлененную равнину с неглубокими широкими речными долинами и балками. Склоны балок и долин пологие, эрозионный врез неглубокий. Широкое распространение в области имеют эолово-делювиальные и делювиальные лёссовидные суглинки мощностью от 0,5 (Тарханкут) до 17 м на севере, которые при замачивании проявляют дополнительные деформации. В области развиты эоловые процессы, просадочные явления, засоление, эрозия на прибрежных участках, абразия и связанные с ней оползни в береговой зоне. Подземные воды в суглинках залегают на глубинах от 8 до 15—30 м, на отдельных площадях обладают сульфатной агрессивностью.

Восточную и западную части региона сплошным чехлом перекрывают четвертичные отложения. На западе развиты *эолово-делювиальные образования,* представленные лёссовидными тяжелыми и средними суглинками мощностью от 30 до 40 м. Суглинки подстилаются скифскими или красно-бурыми глинами.

Лёссовидные суглинки содержат от 3 до 55% песчаных частиц, от 21 до 75% пылеватых и от 5 до 23% глинистых. Плотность суглинков колеблется от 1,45 до 1,88 г/см^3, объемная масса — от 1,45 до 1,88 г/см^3, естественная влажность изменяется от 23 до 30, верхний предел пластичности — от 18 до 23, число пластичности от 5 до 13.

На водоразделах пористость суглинков минимальная — от 38 до 47%, угол внутреннего трения 17—25°, сцепление $0{,}1 \cdot 10^5$—$0{,}3 \cdot 10^5$ н/м^2, коэффициент сжимаемости от $21 \cdot 10^7$ до $3{,}1 \cdot 10^{-7}$ м^2/н в интервале давлений от 0 до 10^5 н/м^2 и $2{,}5 \cdot 10^{-7}$—$3{,}4 \cdot 10^{-7}$ м^2/н в интервалах давлений от 10^5 до $2 \cdot 10^5$ н/м^2.

Как показали испытания образцов лёссовых суглинков с замачиванием при залегании их на водоразделах, они непросадочны или слабо просадочны, т. е. при давлении до $3 \cdot 10^5$ н/м^2 просадки не превышают 0,045. Подземные воды в суглинках залегают на глубинах более 10—25 м.

На востоке региона распространены эолово-делювиальные средние и легкие лёссовидные просадочные суглинки и супеси мощностью более 50 м. Они содержат от 10 до 40% песчаных, от 10 до 20% глинистых и до 60% пылеватых частиц. Супеси состоят из 70% частиц тонкой песчаной фракции. Наблюдается постепенное увеличение содержания песчаной фракции в породе с запада на восток. Лессовидные суглинки характеризуются: плотностью от 2,70 до 2,76 кг/м^3; объемной массой от 1,30 до 1,70 кг/м^3; естественной влажностью от 8 до 12%; верхним пределом пластичности 21—30, нижним 17—24; числом пластичности 3—10; углом внутреннего трения 19—24°; сцеплением от $0{,}025 \cdot 10^5$ до $0{,}15 \cdot 10^5$ н/м^2; коэффициентом отиосительной просадочности, изменяющимся от 0,02 до 0,1, а при давлении до $3 \cdot 10^5$ н/м^2 от 0,03 до 0,16. Максимальной просадочностью обладают водораздельные суглинки. В результате просадочных явлений образуются понижения глубиной до 3 м и глубокие, широкие трещины. Как показал опыт строительства, просадки вызывают разрушеиие и деформации зданий, каналов, насыпей и других сооружений. Происходят они быстро. Так, на четвертый день после замачивания образуются трещины и проседают борта каналов. За 15—20 дней разрушение достигает максимума. Просадочность лёссовых эолово-делювиальных отложений осложияет условия ирригационного, промышленного и гражданского строительства. Опыт их эксплуатации показал, что многие каналы претерпевают деформации из-за неравномерных просадок. По трассе каналов имеются случаи разрушения зданий и сооруженнй. При проведении каналов производится предварительное замачивание лёссовых пород, которое осуществляется в котлованах при возведении гражданских и промышленных сооружеиий. Полное устранение просадки достигалось лишь через три месяца. Грунтовые воды в лессовых отложениях залегают на глубинах более 30 м, они, как правило, обладают сульфатной агрессивностью. При возведении гражданских и промышленных сооружений, при небольшой мощности просадочных лёссовых суглинков применялось уплотнение их тяжелыми трамбовками. Достигалось повышение объемной массы до 1,7 г/см^3 в слое мощностью около 2 м непосредственно под фундаментом сооружений.

Аллювиально-морские отложения, выполняющие долины Манычей, представлены суглинисто-глиииистым и суглинисто-песчаным комплексом пород, относящихся к инженерно-геологической группе связных и песчаных. Мощность толщи от 10 до 40 м. Отложения перекрыты чехлом эолово-делювиальных суглиников мощностью до 3 м.

Среди суглинков преобладают средние и тяжелые разности. Глины опесчаненные. Суглинки имеют объемную массу 2,0 г/см^3; плотность 2,7 г/см^3; влажность 27%; пористость 49,5%; число пластичности 16; коэффициент отиосительиой просадочиости 0,620—0,815. Плотность глин равна 2,75г/см^3; объемная масса 1,9 г/см^3; влажность 14%; число пластичности 17; пористость 35%; коэффициент относительной просадочности 0,540. Подземные воды залегают на глубинах от 8 до 12 м.

Геологические процессы развиты слабо, за исключением эрозионных, создающих значительную расчлененность рельефа, осложняющую освоение территории.

Аллювиальные отложения, выполняющие долины рек, сложены комплексом песков, супесей, суглинков и глин с редкими прослоями

галечников в основании. Пески кварцевые, среднезернистые, содержат 88—99% песчаных частиц, пылеватых менее 8%, глинистых не более 5%, их пористость 40—45%, объемная масса 1,65—1,81 г/см^3. Глины содержат не более 8% песчаных частиц, 45% пылеватых и 46% глинистых. Объемная масса их 1,61—1,88 г/см^3; плотность 2,64—2,69 г/см^3, естественная влажность 25—31%; пористость 40—52%; коэффициент сжимаемости $43 \cdot 10^{-8}$ — $115 \cdot 10^{-8}$ м^2/н в интервале давлений 10^5—$3 \cdot 10^5$ н/м^2; сцепление $0{,}3 \cdot 10^5$ н/м^2 и угол внутреннего трения 15°. Суглинки имеют до 77% пылеватых, 15—27% глинистых и менее 10% песчаных частиц. Естественная влажность их 15—30%; объемная масса 1,62—1,83 г/см^3; плотность 2,67—2,70; пористость 44—55%; верхний предел пластичности 32—40, нижний 22—24 и число пластичности 9—16; угол внутреннего трения 20—24°; сцепление от $0{,}12 \cdot 10^5$ до $0{,}32 \cdot 10^5$ н/м^2; коэффициент сжимаемости $2 \cdot 10^{-7}$—$7 \cdot 10^{-7}$ м^2/н в интервале давлений 0—10^5 н/м^2 и $1{,}6 \cdot 10^{-7}$—$5 \cdot 10^{-7}$ н/м^2 в интервале давлений $2 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^5$ н/м^2.

Подземные воды залегают на глубинах от 2 до 5 м и обладают сульфатной агрессивностью, особенно в долинах рек восточной части региона.

Флювиогляциальные отложения покрывают Прикубанскую наклонную равнину между подножием Большого Кавказа и средним течением Кубани. Они представлены комплексом галечников, гравия, песков с песчано-суглинистым заполнителем и относятся к инженерно-геологической группе связных с крупнообломочными пород. Мощность отложений несколько десятков метров. С поверхности они перекрыты делювиальными лёссовидными суглинками мощностью от 6 до 12 м. Лёссовидные суглинки неоднородны по составу, содержат 5—15% песчаных, 60—90% пылеватых и 5—30% глинистых частиц. Их влажность 10—20%; пористость 42—49%; сцепление $0{,}3 \cdot 10^5$—$0{,}78 \cdot 10^5$ н/м^2. На отдельных участках они обладают просадочными свойствами, коэффициент относительной просадочности которых достигает 0,02—0,04 при бытовых давлениях и 0,04—0,08 при давлении $3 \cdot 10^5$ н/м^2.

Флювиогляциальные отложения сильно изменчивы. В зависимости от состава заполнителя коэффициент фильтрации их колеблется от 17 до 190 м/сут. Глубина залегания заключенных в них подземных вод изменяется от 5 до 15 м. Подземные воды неагрессивные

В предгорной части Степного Крыма развиты мощные галечниково-суглинистые и глинистые, глыбово-щебенистые отложения *элювиально-делювиального и аллювиально-пролювиального генезиса,* с глубиной залегания подземных вод от 1,5 до 2,5 м. Подземные воды неагрессивные.

Галечниковые отложения развиты в Симферополе, давление на них $5 \cdot 10^5$ н/м^2. Они используются в качестве строительного материала для плотин

Молассовая формация песчано-глинистых, преимущественно неогеновых отложений, слагает Терский и Сунженский хребты и предгорья Крымских гор. Она представлена комплексом красно-бурых глин с прослоями галечников и песков, мощность оценивается в несколько сот метров. Данный комплекс пород относится к инженерно-геологической группе глинистых и песчаных. Глины содержат до 15% песчаных, 16—49% пылеватых и до 75% глинистых частиц. Их объемная масса изменяется от 1,87 до 2,98 г/см^3, плотность 2,67—2,72 г/см^3, влажность от 21 до 44%, пористость 41—52%, верхний предел пластичности 40—48, нижний 17—27, число пластичности равно 17—27.

Коэффициент сжимаемости $1{,}5 \cdot 10^{-7}$—$2 \cdot 10^{-7}$ м²/н в интервале давлений $2 \cdot 10^5$—$4 \cdot 10^5$ н/м². Грунтовые воды залегают на глубинах от 5 до 20 м, имеют спорадический характер распространения.

На склонах, сложенных отложениями молассовой формации, широко развиты оползни и сели (хр. Малгобек, Вознесенский, Горагорский, Ачалуки и на многих нефтепромыслах близ г. Грозного).

Движению подвержены выветрелая часть глин и делювиальные суглинки. Мощность оползневых накоплений изменяется от 2 до 10 м, а на отдельных участках достигает 20 м. Оползневые подвижки вызваны процессами эрозии, искусственной подрезкой склона, избыточным увлажнением как грунтовыми, так и хозяйственными водами, а также перегрузкой склона. В регионе проводились работы по борьбе с оползнями. Так, у входного портала тоннеля Алхан-Чуртского канала на Сунженском хребте активизация оползней уменьшилась в связи с разгрузкой склона путем удаления оползневых накоплений; устройством земляного контрфорса в нижней части склона; упорядочением поверхностного стока и созданием дернового покрова. На нефтепромыслах Грозного и Малгобека проводилась лишь частичная борьба с оползнями, поэтому оползневые подвижки возникали вновь.

Терригенная формация пород майкопской свиты, представленная комплексом преимущественно глин, характеризуется большой неоднородностью состава. Песчаные частицы содержатся в глинах в количестве от 1 до 27%, пылеватых от 6 до 49% и глинистых 28—90%. Естественная влажность глин 18—19%; объемная масса 0,69 г/см³; коэффициент водонасыщенности 0,88; верхний предел пластичности 57 и 58; нижний предел пластичности 29; число пластичности 28. Коэффициент консистенции изменяется от 0,35 до 0,04. Наблюдается некоторое уменьшение влажности и увеличение плотности пород с глубиной. Майкопские глины подвержены набуханию, величина которого составляет 8—18%, нередко достигая 50—70%. Рекомендуемые расчетные показатели углов внутреннего трения находятся в пределах 6—12°, а сцепление равно $0{,}08 \cdot 10^5$—$0{,}35 \cdot 10^5$ н/м².

Коэффициент сжимаемости равен $1{,}5 \cdot 10^{-7}$—$6{,}3 \cdot 10^{-7}$ м²/н в интервале давлений 0—10^5 н/м² и $0{,}8 \cdot 10^{-8}$—$2{,}5 \cdot 10^{-8}$ м²/н в интервале давлений 10^6—$1{,}5 \cdot 10^6$ н/м². В коренном залегании майкопские глины являются надежным основанием для любого вида сооружений, однако, будучи обнажены, они подвергаются быстрому и интенсивному выветриванию, скорость которого достигает нескольких десятков сантиметров в год. Выветрелые майкопские глины обладают более низкими физико-механическими показателями. Так, естественная влажность их составляет 24%; объемная масса 1,9 г/см³; коэффициент водонасыщенности 0,93.

Не менее широко развит в регионе комплекс криптомактровых глин, которые содержат 6% песчаных, 47% пылеватых, 47% глинистых частиц. Их естественная влажность изменяется от 21 до 30%, объемная масса 1,87 г/см³, плотность 2,69—2,70 г/см³, коэффициент пористости 0,76—0,88, коэффициент водонасыщения 0,76—0,92, сопротивление сдвигу $5 \cdot 10^5$—$16 \cdot 10^5$ н/м² и сцепление $0{,}2 \cdot 10^5$—$0{,}97 \cdot 10^5$ н/м².

Устойчивые природные откосы в криптомактровых глинах имеют заложение от 1 : 6 до 1 : 4. Они мало сжимаемы. Коэффициент сжимаемости их в интервале давлений $2 \cdot 10^5$—$4 \cdot 10^5$ н/м² равен $1{,}8 \cdot 10^{-7}$—$2{,}6 \cdot 10^{-7}$ м²/н. Глинистые отложения практически безводны. Грунтовые воды содержатся в них лишь в редких песчаных прослоях на глубинах 15—25 м. К глинистым отложениям приурочены оползни, развитые в долинах рек Калауса, Б. Егорлыка и их притоков и особенно на терри-

тории Ставрополья, Сенгелеевской котловины, на склонах Бешпагирских, Прикалаусских и Темнолесских высот. Развитие оползней вызвано подрезкой склонов, искусственным увлажнением глинистых пород и хозяйственной деятельностью человека. С целью предотвращения возникновения новых подвижек были приняты меры по ликвидации донной и боковой эрозии в руслах рек (перехват рек бетонными трубами, планировка склонов). На Сенгелеевском склоне выполнен перехват и отвод поверхностных вод, посадка деревьев и кустарника. На железной дороге в г. Ставрополе применяется устройство контрфорсных дренажей в сочетании с вышеперечисленными мероприятиями.

Терригенно-карбонатная формация сармата и понта представлена комплексом известняков-ракушечников, песчаников, песков и реже глин. Они распространены в северной и центральной частях Ставропольского поднятия и на Тарханкуте. Эти образования относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород с песчаными. Известняки детритусовые, раковинные, мшанковые отличаются значительной пористостью, способны к выщелачиванию. Объемная масса известняков от 1,35 до 2,25 кг/м^3, плотность 2,64—2,65 кг/м^3. Сопротивление сжатию колеблется от 10^6 до $6 \cdot 10^6$ н/м^2, в то время как у песчаников, имеющих кремнисто-известковистый цемент, оно увеличивается до $70 \cdot 10^6$ н/м^2. Пески разнозернистые. Грунтовые воды содержатся в песчаных отложениях, глубина их залегания от 15 до 25 м. Отложения отличаются трещиноватостью и способностью к карстованию, а песчаники размельчаются. Опыт строительства показал, что разрабатываемость пород трудная, при строительстве требуется применение взрывных работ.

Инженерно-геологические условия описанного региона определяются равнинностью восточной и западной частей, со сравнительно слабой расчлененностью рельефа: неглубоким врезанием эрозионной сети; развитием сплошного покрова (за исключением Ставропольской возвышенности, Тарханкута, Терского и Сунженского хребтов) четвертичных отложений; развитием с поверхности лёссовидных суглинков, обладающих просадочностью в центральной и восточной частях региона; широким распространением оползневых процессов на площадях, сложенных третичными глинами и мергелями; развитием карстовых процессов в карбонатных породах неогена на Тарханкуте и Ставропольской возвышенности; близким залеганием грунтовых вод в аллювиальных отложениях, особенно в низовьях рек Кубани, Терека, Альмы, Каши и др.

Регион 20. Предкарпатский краевой прогиб. Регион представляет собой узкую асимметричную депрессию, вытянутую вдоль северо-восточной границы Карпатских горных сооружений Альпийской складчатости.

Развитие прогиба началось в нижнем миоцене и закончилось в послесарматское время, причем в своем формировании прогиб смещался в сторону Русской платформы, служившей источником поступления в прогиб обломочного материала.

Предкарпатский краевой прогиб делится на внешнюю и внутреннюю зоны. Внешняя соприкасается с Русской платформой, а внутренняя вытягивается вдоль подножия Восточных Карпат. Регион представляет собой область устойчивых неотектонических, преимущественно отрицательных движений. В геоморфологическом отношении — это единая область — пологохолмистая предгорная равнина, слабо расчлененная широкой полосой (30—60 км), вытянутой между реками Днестром и Прутом. Поверхность равнины постепенно понижается к северо-во-

стоку от горных Карпат. В юго-восточной части равнины развит плоскоувалистый рельеф со структурными формами.

В регионе широко развиты генетические типы аллювиальных и флювиогляциальных четвертичных отложений, а также терригенная и соленосная формации.

Аллювиальные отложения представлены комплексом иловатых суглинков и супесей, переслаивающихся с глинистыми песками, содержащими включения гальки и гравия, которые слагают пойму и надпойменные террасы рек Днестра, Стрыя и др. Они относятся к инженерно-геологической группе связных пород с обломочными. Мощность отложений колеблется от 1 до 10 м, а местами до 20—30 м.

Подземные воды в аллювиальных отложениях залегают на глубинах 3—5 м. Они иногда характеризуются повышенным содержанием сульфатов, хлоридов и нередко обладают сульфатной агрессивностью.

Флювиогляциальные отложения представлены комплексом преимущественно песков разнозернистых с гравием и галькой в нижней части разреза. Подземные воды флювиогляциальных отложений слабо минерализованы, залегают на глубинах 5—10 м, обладают нередко сульфатной агрессивностью.

Породы терригенной формации представлены комплексом глинисто-песчаных отложений тортонского и сарматского ярусов. Комплекс слагается конгломератами, песчаниками и глинами общей мощностью до 2000 м. Глины плотного сложения. Подземные воды в указанном комплексе высокоминерализованные, обладают сульфатной агрессивностью.

Породы соленосной формации нижнего миоцена залегают в южной части впадины в зоне интенсивного прогибания передовых межгорных прогибов. Комплекс отложений соленосной формации представлен глинами с прослоями мелкозернистых песчаников с линзами гипсов, калийных и натриевых солей, в нижней части наблюдается чередование мергелей, аргиллитов, песчаников, глин с прослоями известняков и конгломератов. Аргиллиты и мергели довольно мягкие.

Глубина залегания подземных вод 10—15 м. Они обладают повышенной минерализацией и сульфатной агресивностью. С данным комплексом соленосных пород связано интенсивное развитие карста.

Инженерно-геологические условия Предкарпатского краевого прогиба определяются равнинным характером рельефа, развитием флювиогляциальных и аллювиальных отложений глинистого и крупнообломочного состава невыдержанных по мощности, подстилаемых терригенными и соленосными породами, слабым развитием современных геологических процессов, за исключением карстовых, активно проявляющихся в соленосных породах.

Регион 21. Предкопетдагский и Восточно-Туркменский прогибы. Регион представляет собой предгорную впадину, осложненную интенсивной складчатостью и крупными дизъюнктивными нарушениями. Данный регион в своем развитии является переходной зоной между Копетдагской геосинклиналью на юге и эпигерцинской платформой на севере. Предгорная впадина, протягиваясь почти на 500 км с северо-запада на юго-восток, выполнена мощной толщей мезозойских и кайнозойских отложений. В регионе можно выделить две геоморфологические области: Предкопетдагская предгорная наклонная равнина и предгорье Парапамиза.

Область Предкопетдагской предгорной наклонной равнины у подножия Копетдага сложена щебенисто-галечниковыми отложениями, сменяющимися к равнине суглинистыми образо-

ваниями, переходящими во внешней краевой части в глинистые, с широким развитием такыров, а местами солончаков.

Предгорная равнина имеет холмисто-грядовый рельеф, незначительный уклон поверхности, сложена в основном пролювиальными отложениями конусов выноса периодически действующих потоков и селей, которые образуют в рельефе сплошной пролювиальный предгорный шлейф. Пустынный климат предгорий, отсутствие растительности способствовали активному расчленению рельефа, в результате чего возникала многочисленная овражная сеть.

Область предгорий Парапамиза сложена терригенно-карбонатными, песчано-глинистыми породами с известняками-ракушечниками, перекрываемыми аллювиально-пролювиальными глинистыми с крупнообломочными отложениями. Предгорья интенсивно расчленены эрозионными процессами.

Наиболее широко в регионе распространены *пролювиальные отложения,* формировавшиеся в предгорных условиях. Они характеризуются неоднородностью состава и быстрой сменой по мере удаления от гор и представлены комплексом гравия, галечников с примесью кварцевого песка полимиктового состава мощностью от 15 до 100 м.

Глубина залегания грунтовых вод, приуроченных к рыхлообломочным пролювиальным отложениям, колеблется от 20 до 100 м. Воды неагрессивные. Коэффициент фильтрации от 7 до 57 м/сут, а расчетный в среднем 30—40 м/сут.

Ниже по склону породы по их составу переходят в инженерно-геологическую группу связных с включением обломочных и представлены переслаиванием песков, суглинков и тонкослоистых плотных коричневых глин. Пролювиальные лёссовидные суглинки слагают конуса выноса предгорных равнин, которые соединяются в сплошной пролювиальный шлейф, опоясывающий Копетдаг с запада и востока. Суглинки лёссовидные желтоватого цвета, известковистые, плохо отсортированы и содержат примеси песчаных и алевролитовых частиц, а также линзы-гнезда и пропластки песков.

Лёссовидные суглинки прикрыты эоловыми сильно пористыми песками, обладающими рыхлым сложением, но сохраняющими способность удерживать крутые откосы. В верхней части толщи наблюдается увеличение крупноалевролитовых фракций (0,1—0,05 мм) с 19,2 до 36,6% и снижение среднеалевролитовых (0,05—0,01 мм) с 52,5 до 40,3%.

Породы терригенно-карбонатной формации сложены комплексом неогеновых известняков, ракушечников, песков, глин, мергелей и конгломератов, распространенных в предгорьях Копетдага.

Довольно однообразная толща апшеронских глин в своем составе содержит глинистых частиц от 40 до 75%, пылеватых от 25 до 50% и песчаных от 5 до 10%.

Среди пылеватых частиц, фракции мелкой и крупной пыли содержится примерно в одинаковом количестве. Плотность глин изменяется от 2,70 до 2,81 г/см^3, в среднем составляя 2,74 г/см^3. Нижний предел пластичности равен 19—23%, верхний 32—39%, число пластичности от 13 до 26.

Подземные воды апшеронских отложений имеют глубину залегания более 10 м, иногда обладают общекислотной агрессивностью.

Инженерно-геологические условия Прикопетдагского и Восточно-Туркменского прогибов определяются холмисто-грядовым рельефом с незначительными уклонами поверхности. Сложен регион с поверхности пролювиально-аллювиальными облёссованными отложениями,

подстилаемыми терригенно-карбонатными породами. Развита эрозия, четвертичные отложения с поверхности облёссованы и просадочны.

Регион 22. Южно-Таджикская межгорная впадина представлена пучком расходящихся к югу горных хребтов, разделенных депрессиями, к которым приурочены речные долины. Эти депрессии формировались в мезозойско-кайнозойское время.

Фундамент впадины опущен на глубину 6—10 км. На кровле его залегают мощные толщи мезозойско-кайнозойских отложений, сильно дислоцированных и смятых в сложную систему линейно вытянутых нарушенных разрывами складок почти *меридионального простирания*.

В пределах региона выделяются Гиссаро-Сурханская, Кафирниган-ско-Вахшская и Памиро-Алайская зоны.

Начиная с юрского времени впадина испытала значительные прогибания с одновременным накоплением отложений большой мощности. Южно-Таджикская впадина входит в 7-мибалльную сейсмическую зону.

Данный регион в геоморфологическом отношении представляет чередование горных гряд и плоских речных долин.

Геоморфологическая область — горные гряды с поверхностями выравнивания, разделенные аллювиально-пролювиальными равнинами, характеризуются аккумулятивным и денудационным типом рельефа. Горы на юго-западе и на северо-востоке имеют отметки от 500—700 до 2000—2500 м. Здесь широким развитием пользуются аллювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения.

На северо-востоке региона проходят хребты Петра Первого и Заалайский с отметками до 2000—2500 м. Преобладающий тип рельефа денудационный с ледниковыми формами (каррами и цирками).

На территории Южно-Таджикской впадины развиты карст, сели, оползни, просадочные и суффозионные явления, солончаки и сезонное промерзание пород на высоких отметках. Карстовые явления приурочены к меловым известнякам и гипсам, распространенным вдоль всего северного склона и в центральной части хр. Петра Первого. Сели встречаются в долине р. Вахша и в низовьях р. Кафирнигана.

Пещеры Гульбисты, расположенные к северу от г. Душанбе и в долине р. Илека, относятся к суффозионно-лёссовому карсту.

Оползни, приуроченные к глинистым и песчано-глинистым породам мелового и третичного возраста, встречаются на правом берегу р. Кызыл-Су и по долинам рек. Особенно резкое оживление оползневой деятельности наблюдается во время землетрясений.

Солончаки образуют громадные площади на местах высохших болот в долине Вахша. Обширные болота развиты в долине р. Ях-Су у слияния с р. Кызыл-Су, а также между р. Кызыл-Су и р. Пяндж.

В регионе Южно-Таджикской межгорной впадины распространены комплексы четвертичных отложений, представленные генетическими типами эоловых и аллювиально-пролювиальных, а также молассовой и терригенно-карбонатной формациями дочетвертичных пород.

Эоловые отложения развиты на крайнем юге региона. Это комплекс песков Курджалая в низовьях Кафирнигана и пески Карадум в низовьях Вахша.

На песчаных массивах, эолового генезиса, закрепленных и полузакрепленных растительностью, преобладают мелкие пески (фракции 0,25—0,1 мм составляют более 50%, иногда разнозернистые, редко тонкие). Влажность песков выше уровня грунтовых вод может существенно меняться в зависимости от их плотности и состава — от 16—19% в чистых песках до 25—26% в пылеватых. Подземные воды зале-

гают на глубинах более 10 м. Они приурочены к депрессиям подошвы эоловых отложений и агрессивностью не обладают.

Аллювиально-пролювиальные отложения средне- и верхнечетвертичного возраста изменяются как по составу, так и по мощности с севера на юг. Они представлены комплексом загипсованных супесей и суглинков с прослоями галечников и валунов с гравием и песком. По гранулометрическому составу они различны: наряду с легкими и пылеватыми разностями встречаются тяжелые.

Коэффициенты фильтрации суглинков с гравием и песком колеблются от 3,2 до 1,35 м/сут, число пластичности суглинков от 7 до 16, объемная масса от 1,6 до 1,97 г/см^3, пористость от 37 до 47%, коэффициент пористости от 0,6 до 0,9, плотность от 2,67 до 2,71 г/см^3.

При естественной влажности суглинки в интервале давлений 0—$3 \cdot 10^5$ н/м^2 характеризуются средней и слабой сжимаемостью (коэффициент сжимаемости $0{,}6 \cdot 10^{-7}$—$4{,}8 \cdot 10^{-7}$ м^2/н).

В водонасыщенном состоянии коэффициент сжимаемости возрастает до $2{,}2 \cdot 10^{-7}$—$8{,}4 \cdot 10^{-7}$ м^2/н. Угол внутреннего трения суглинков равен 24—31°, сила сцепления варьирует от $0{,}02 \cdot 10^5$ до $0{,}29 \cdot 10^5$ н/м^2, коэффициент трения от 0,44 до 0,62.

Конуса выноса и пролювиальные шлейфы образуют обширные предгорные равнины, в пределах которых в состав отложений, кроме песков, входят лёссовидные суглинки с линзами крупнообломочного материала.

Обводненность отложений незначительная. Подземные воды грунтовые, иногда встречаются местные напоры. Агрессивность воды сульфатная.

Плотность лёссовидных суглинков изменяется от 2,67 до 2,71 г/см^3. Плотность пород с глубиной возрастает — объемная масса изменяется от 1,26 г/см^3 вблизи поверхности до 1,52 г/см^3 у подошвы слоя. Коэффициент фильтрации неслоистых лёссовидных суглинков равен 0,5—0,81 м/сут. Величина просадочных деформаций при замачивании составляет 1,0—1,5 м. Лёссы и лёссовидные породы отличаются в целом однородным гранулометрическим составом. В долинах рек Кызыл-Су, Зеравшана, Сырдарьи, Вахша содержание глинистой фракции возрастает от более низких террас к высоким.

Минеральный состав суглинков однообразен. Резко преобладает (90—95% от всей суммы частиц размером 0,001 мм) фракция легких минералов с плотностью 2,75 г/см^3. Она представлена кварцем и полевым шпатом, пелитизированными породами и слюдами. Просадочность является отличительной особенностью лёссовых отложений. Степень просадочности в общем случае зависит от плотности пород, их влажности и содержания глинистых частиц.

Большое значение при расчете просадочных деформаций имеет глубина распространения лёссов с просадочными свойствами.

Породы молассовой формации представлены комплексом конгломератов и песчаников неогенового возраста с тонкослоистыми глинами и алевролитами, относящимися к группе полускальных пород.

Песчаники разбиты тонкими перпендикулярными трещинами, ширина которых от 0,1—0,4 до 1 см. Густота трещин до 8 тр/м^2, модуль трещиноватости 0,6—0,40. Трещинами затронута толща мощностью 20—40 м. Алевролиты неогена характеризуются временным сопротивлением сжатию от $102 \cdot 10^5$ до $236 \cdot 10^5$ н/м^2. При насыщении водой алевролиты разрушаются.

Песчаники характеризуются неравномерной и невысокой крепостью с временным сопротивлением сжатию от $135 \cdot 10^5$ до $267 \cdot 10^5$ н/м^2. Однако встречаются разности песчаников с сопротивлением сжатию

как $500 \cdot 10^5$—$600 \cdot 10^5$ н/м^2, так и $60 \cdot 10^5$—$85 \cdot 10^5$ н/м^2. При насыщении водой песчаники снижают прочность. При исследованиях на морозостойкость наблюдалось уменьшение прочности на 30—100%. Песчаники неогена, развитые в долине р. Вахша, покрыты беспорядочными волосными трещинами до глубины 100 м. В составе этих песчаников преобладает фракция 0,1—0,25 мм, содержание которой колеблется от 60 до 75%, частиц же мельче 0,05 мм находится 7—12%, размером 0,05—0,1 мм — 10—15%. Временное сопротивление сжатию составляет $70 \cdot 10^5$—$250 \cdot 10^5$ н/м^2, а насыщенных водой $50 \cdot 10^5$—$80 \cdot 10^5$ н/м^2.

Подземные воды залегают на глубинах более 10 м, обладают сульфатной агрессивностью.

Породы терригенно-карбонатной формации мелового и палеогенового возраста представлены комплексом нижнемеловых алевролитовых глин с прослоями песков, алевролитов, конгломератов, гипсов, известняков и мергелей. Они распространены на водоразделах и склонах хребтов.

Породы трещиноватые. В известняках широко развит карст, проявляющийся на поверхности в виде воронок и карстовых пещер. Карстовые явления известны на хребтах Петра Первого и Вахшском.

В междуречье Кызыл-Су — Ях-Су расположен район соляных куполов, с которым также связана интенсивная карстовая деятельность. Поверхность куполов испещрена многочисленными впадинами, провалами, воронками, достигающими в диаметре от нескольких до десятков метров при глубинах до 20—30 м. В горной части на хребтах Актау, Аруктау, Кызимчек и Кокташской гряды в меловых глинистых и песчано-глинистых толщах при подмыве берегов рек отмечается резкое оживление оползневой деятельности, активизирующейся при землетрясениях.

Физико-механические свойства известняков следующие: объемная масса — 2,63 кг/м^3; коэффициент фильтрации в горизонтальном направлении 3,1 м/сут, в вертикальном 1,47 м/сут.

Подземные воды трещинные, залегают на глубинах более 10 м, обладают сульфатной агрессивностью.

Комплекс палеогеновых отложений представлен известняками, гипсами, мергелями и глинами различной окраски.

Физико-механические свойства пород следующие: сопротивление сжимаемости $413 \cdot 10^5$—$1534 \cdot 10^5$ н/м^2; степень размягчения 0,6—0,9; объемная масса 2,20—2,85 г/см^3. Развит карст (хр. Джетымтау). Подземные воды залегают на глубинах более 10 м, обладают сульфатной агрессивностью.

Инженерно-геологические условия региона Южно-Таджикской межгорной впадины определяются сочетанием высокогорного расчлененного рельефа с абсолютными отметками до 4500 м и равнин, выполненных аллювиально-пролювиальными отложениями, облёссованными с поверхности.

Хребты сложены песчаниками, известняками, конгломератами, алевролитами, как правило, сильно трещиноватыми. Подземные воды залегают на глубине до 10 м, обладают сульфатной агрессивностью.

Широко развиты карст, сели, осыпи, оползни, суффозия и просадки. Сейсмичность достигает 7, 8 и 9 баллов. Строительство на горных участках возможно выборочно, а в равнинной почти повсеместно.

Регион 23. Туранская плита. Регион находится в пределах обширной впадины эпипалеозойской платформы, выполненной мезозойско-кайнозойскими отложениями большой мощности. Характерной чертой региона является его замкнутость или бессточность, обусловливающая

аккумуляцию продуктов разрушения, сносимых с окружающих горных сооружений.

В западной части региона прослеживается погружение мезозойских и палеогеновых пород Мангышлакской зоны складок в юго-восточном направлении под чехол миоценовых отложений, слагающих Устюрт.

Простирание складок изменяется от 110 до 150°, в результате чего получается расхождение складок к северо-западу. Складки пологие. К востоку, в районе Аральска, преобладают поднятия, наиболее активно проявлявшиеся в верхнечетвертичное время.

Особенностью данного региона является высокое залегание неогеновых пород. В рельефе регион представляет слабоволнистую поверхность с чередованием невысоких и удлиненных гряд и холмов с глубокими понижениями.

На территории Туранской плиты можно выделить девять геоморфологических областей: Заузбойское низкогорье и плато (Туаркыр и Красноводское плато); Центральные низменные Кара-Кумы; Мангышлакское низкогорье и плато; Заунгузские возвышенные Кара-Кумы; Иргиз-Челкарская столово-останцовая равнина, плато Устюрт; песчаные равнины Приаральских Кара-Кумов; песчано-глинистая равнина Кызыл-Кумов; аллювиальные и озерно-аллювиальные равнины рек Сырдарьи, Амударьи.

Область Заузбойского низкогорья и плато представляет собой сложную область слабо наклоненных равнин и плато, чередующихся с участками и массивами песков и глубокими замкнутыми котловинами. Она сложена терригенными и терригенно-карбонатными породами.

В эту область входят: Прикаробогазская намывная равнина, Красноводское плато, горы Большие Балханы, пески Чиль-Мамед-Кум, Туаркырский низкогорно-куэстовый район, плато Челюнгкры, пески Учтаганкум. Развиты карстовые и эрозионные процессы и развевание песчаных массивов.

Область Центральных низменных Кара-Кумов характеризуется распространением песков, являющихся нижнечетвертичным аллювием пра-Амударьи. Полузакрепленные растительностью пески местами прерываются неглубокими небольшими по размеру понижениями с глинистыми поверхностями — такыров и солончаков. Широко развито развевание песков.

Область Заунгузских возвышенных Кара-Кумов отделена от низменных Кара-Кумов чинком до 60—80 м высотой, вдоль подножия которого расположена цепь замкнутых котловин выдувания — унгуз. Область представляет собой возвышенную равнину, почти со всех сторон, ограниченную обрывами. Поверхность почти всюду покрыта песками, из-под которых местами выступают континентальные песчано-глинистые плиоценовые отложения. Наблюдается развевание песков, а на юге — эрозия.

Область Мангышлакского низкогорья и плато представляет собой горы, со всех сторон окаймленные плато и куэстами. Горные возвышенности Каратаучик, а также Западный и Восточный Каратау поднимаются до 555 м над уровнем моря. Область сложена терригенными и терригенно-карбонатными породами. Развита эрозия.

Область Иргиз-Челкарская столово-останцовая равнина представляет собой чередование равнин с изолированными столовыми вершинами останцов. В области развиты массивы песков Большие и Малые Барсуки, а также западины, занятые солонча-

ками и озерами. Развито развевание песчаных массивов, засоление и выдувание пород.

Область Плато Устюрт представляет собой плоскую равнину с многочисленными впадинами, днища которых в летнее время превращаются в соры или такыры Отметки плато Устюрт достигают 250 м, местами опускаясь до 50 м. Относительное превышение гряд и холмов над рельефом не более 10—20 м. Оно сложено карбонатными и терригенно-карбонатными породами. Впадины-солончаки лишь в дождливую осеннюю погоду покрываются водой, летом они с поверхности покрыты сверкающими выцветами солей. Такыры имеют с поверхности глинистую корку, покрытую полигональной сетью трещин усыхания.

С юго-запада и севера плато ограничено чинками-обрывами высотой до 200—250 м. Чинки крутые, сильно расчлененные оврагами, которые глубоко врезаются в плато. Вследствие большого развития оползней чинки имеют своеобразный ступенчатый рельеф склонов

Характерной особенностью является интенсивное проявление в пределах этих равнин эоловых процессов, с которыми связано образование на поверхности грядовых песков и замкнутых деформационных котловин. Солончаки встречаются отдельными массивами, занимая днища котловин высыхания. Широко развиты особенно в восточной части карстовые процессы.

Область песчаной равнины Приаральских Кара-Кумов представляет собой обширную плоскую равнину, непосредственно соединяющуюся на северо-востоке с поймой Сырдарьи. В области развиты массивы песков, солончаки, развевание и перевевание песков.

Область песчано-глинистой равнины Кызыл-Кумов представляет собой древнюю дельту Сырдарьи. Область прорезана многочисленными сухими руслами древних притоков Сырдарьи, соединяющимися с Амударьей. Развито засоление и такырообразование.

Область аллювиальных и озерно-аллювиальных равнин рек Сырдарьи и Амударьи представляет собой в основном измененные пустынные слабо расчлененные равнины. В дельтах образуются такыры. Аллювиальные равнины шириной в 30—60 км сложены глинистыми породами, рассечены многочисленными сухими руслами и осложнены такырами.

Склоны песчаных кос с наветренной стороны пологие с крутизной не более 8—12°, а подветренные крутые, до 25—40°. В Приаральской части равнины в результате перевевания песков образуется бугристый, бугристо-грядовый и барханный рельеф.

Геолого-генетические комплексы четвертичных отложений представлены эоловыми, аллювиальными, озерно-соровыми, морскими и аллювиально-пролювиальными отложениями.

Эоловые отложения представлены комплексом песков мелкозернистых и тонкозернистых с невыдержанными прослоями глин и суглинков общей мощностью до 25 м. Они распространены в массивах Большие и Малые Барсуки и в Приаральских Кара-Кумах.

Давление на пески пылеватые при средней их плотности равно $2 \cdot 10^5$—$1{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2. В сухом состоянии пески сыпучие. Угол внутреннего трения 27°, коэффициент фильтрации колеблется от 7 до 14,5 м/сут, допустимое напряжение равно $1{,}5 \cdot 10^5$—$2 \cdot 10^5$ н/м^2, углы внутреннего трения песков при коэффициенте пористости 0,7—0,5 равны 28—34°

Подземные воды, приуроченные к данному комплексу пород, отличаются повышенной минерализацией и обладают сульфатной агрессивностью.

Аллювиальные отложения широко развиты в долинах рек Иргиза, Тургая и других, слагая надпойменные террасы. Они представлены комплексом мелкозернистых песков с прослоями гравия, гальки, глин и суглинков и относятся к группе песчаных и связных пород.

Грунтовые воды в них залегают на глубинах от 0 до 5,0 м. Химический состав вод пестрый. Воды обладают сульфатной агрессивностью. Отложения засолены.

Озерно-соровые отложения, выполняющие озерные и соровые впадины Челкар-Тенгиз, Челкар, Ащи-Куль и другие, сложены комплексом песков с гравием, которые замещаются иловатыми глинами, нередко с линзами и прослоями солей, реже торфа. С поверхности эти отложения перекрываются минеральной грязью и соляной коркой толщиной до 30 м. Объемная масса верхних глин равна 1,95 г/см^3, сцепление $0{,}3 \cdot 10^5$ н/м^2, угол внутреннего трения 20°.

Подземные воды, приуроченные к данному комплексу, характеризуются высокой степенью минерализации и обладают сульфатной агрессивностью.

Комплекс аллювиальных нижне- и верхнечетвертичных отложений представлен песками, супесями, глинами и суглинками. Мощность его изменяется от 40 до 100 м. Пески неоднородны по механическому составу, преобладают мелкозернистые фракции, встречаются гравий и галька.

Глины коричневого и палевого цвета плотные вязкие жирные и тонкослоистые. Для всей толщи характерно частое пересланвание и выклинивание отдельных горизонтов. Суглинки при коэффициенте пористости 0,7 обладают давлением от $2 \cdot 10^5$ до $2{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2. Комплекс отличается от отложений северо-западных территорий Кара-Кумов более глинистым составом. В области дельт широко развиты такыры.

Комплекс аллювиально-пролювиальных отложенний представлен переслаивающейся толщей мелко- и тонкозернистых песков, суглинков и плотных глин. Породы относятся к группе связных с включением обломочных.

Аллювиально-пролювиальные отложения представляют монотонный комплекс переслаивающихся тонкоотмученных суглинков с мелкозернистыми глинистыми и тонкозернистыми песками, а в горной части они представлены гравийно-галечниковым материалом с примесью песка.

Коэффициент фильтрации их составляет в среднем 16—17 м/сут. Глубина залегания грунтовых вод колеблется от 0,4 до 20 м. Они обладают сульфатной агрессивностью.

Этот комплекс, распространенный на возвышенных участках Туранской плиты, представлен в нижней части пылеватыми сероватыми и желтовато-серыми лёссами.

В верхней части комплекса наблюдается увеличение крупноалевролитовых фракций 0,1—0,05 мм с 19,2 до 36,3% и снижение среднеалевролитовых 0,05—0,01 мм с 52,5 до 40,29%. Вместе с тем в них снижается содержание растворимых солей (с 21,9% до 12,9%). Верхняя часть толщи обладает достаточной устойчивостью, в сухом состоянии сохраняет вертикальные откосы в искусственных выработках. Лёссы прикрыты эоловыми песками. Пески пористые, обладают рыхлым сложением, но сохраняют способность удерживаться в крутых и вертикальных откосах.

Пески тонкозернистые и супеси, развитые в дельтах рек Мургаба и Теджена, а также в Обручевской степи, обладают плывунными свойствами.

Комплекс аллювиально-пролювиальных отложений распространен также на юго-западном склоне гор Каратау и в предгорьях Таласского Алатау, Учаского хребта и в Голодной степи Здесь он представлен гравийно-галечниковыми отложениями, перекрытыми супесями и суглинками. Глубина залегания водоносного горизонта в них находится в пределах от 4 до 18 м. Воды конусов выноса носят напорный характер.

Морские отложения распространены узкой полосой вдоль восточного побережья Аральского моря. Они представлены комплексом песков мелко- и среднезернистых, иногда суглинков и супесей. Глубина залегания подземных вод в них достигает 11,8 м. Воды соленые и горько-соленые, обладают сульфатной агрессивностью. Дочетвертичные отложения сложены терригенной, терригенно-карбонатной и карбонатной формациями.

Породы терригенной формации представлены комплексом песчаных четвертичных и плиоценовых отложений, состоящих из мелкозернистых и тонкозернистых серых песков с невыдержанными прослоями глин и суглинков Общая мощность комплекса колеблется от 5 до 10 м, местами достигая 30 м. Эти пески покрывают почти всю площадь пустыни Заунгузских Кара-Кумов.

Механический состав песков отличается полным отсутствием пылеватых и грубых частиц Величина угла естественного откоса для различных песков Заунгузской свиты в воздушно-сухом состоянии составляет около 33° Разность между углами откоса в воздушно-сухом состоянии и под водой равна 6°. Коэффициент фильтрации пород изменяется: для песков от 5,2 до 13,0 м/сут (в среднем 9,1 м/сут); для песков тонкозернистых от 2,4 до 4,7 м/сут (в среднем 3,2 м/сут); для рыхлых песчаников от 0,9 до 1,6 м/сут (в среднем 1,2 м/сут).

Глубина залегания уровня подземных вод колеблется в пределах от 5 до 70 м В Заунгузских впадинах она варьирует от 0 до 10 м, причем закономерное увеличение глубины наблюдается с севера на юг. По химическому составу воды Заунгузской свиты пестрые. Обладают сульфатной агрессивностью. Пестрые воды, приуроченные к пескам Заунгузской свиты, многими исследователями расцениваются как реликтовые воды пра-Амударьи

Терригенная формация также сложена породами, развитыми у подножия чинков. Она включает комплекс песчаных пород нерасчлененной толщи среднего и верхнего олигоцена, развитых только в чинках Устюрта. Комплекс представлен песками и песчаниками мелко- и крупнозернистыми мощностью до 20 м.

Комплекс нерасчлененного среднего и верхнего олигоцена чаграйской и чиликтинской свит представлен песками с прослоями и линзами гравия, галечника, железистых песчаников, а также железистых конгломератов. Преобладают пески в средней части комплекса, а песчаники и конгломераты — в верхней и нижней.

Максимальная мощность комплекса пород равна 35—40 м, а на юге она уменьшается до 5 м. Пески средние и крупные кварц-кремнистые. Объемная масса песков в сухом состоянии 1,8 г/см^3, во влажном 1,0 г/см^3; угол внутреннего трения и естественного откоса 33°. Допускаемое напряжение $3 \cdot 10^5$ н/м^2, во влажном состоянии $1{,}7 \cdot 10^5$ н/м^2. Грунтовые воды содержатся в нижней зоне песчано-алевролитовых пород, возможна выщелачивающая (карбонатная) агрессивность части вод. Глубина залегания воды, как правило, до 6—8 м, но с погружением

слоев возрастает до 73 м, а воды приобретают напор и самоизливаются в скважинах на поверхность.

Комплекс пород чиликтинской свиты широко распространен на территории Северного Приаралья. Он представлен песками, глинами несколько гумусированными плитчатыми с ясной ленточной слоистостью. Отложения перекрыты маломощными до 3 м покровными и делювиальными суглинками. Мощность чиликтинской свиты 45—70 м, к юго-востоку она уменьшается до 5—10 м. В связи со значительным содержанием песков и алевролитов данный комплекс отличается хорошей водопроницаемостью и сравнительно слабой сопротивляемостью размыву и особенно развеванию, с чем связано образование оврагов и эоловых форм рельефа (ниши выдувания и т. д.) на поверхности этих отложений.

Пески чиликтинского комплекса сложены мелкими и пылеватыми разностями, часто проявляют плывунные свойства, однако в зоне выше уровня капиллярного поднятия они характеризуются высокой плотностью и устойчивостью.

Для мелких песков свиты угол внутреннего трения изменяется от 27 до 36°; сцепление от 0 до $0{,}24 \cdot 10^5$ н/м^2; допускаемое напряжение в основании на глубине 3 м — от $1{,}5 \cdot 10^5$ до $3 \cdot 10^5$ н/м^2.

Комплекс морских акчагыльских отложений входит в инженерно-геологическую группу пластичных пород с песчаными и песчано-галечниковыми. Он представлен глинами и мергелями с прослоями оолитовых и песчаных известняков, а также песчаниками и конгломератами. В составе глин акчагыла в районе Узбоя содержание глинистых частиц составляет 40—50%, иногда до 70%, пылеватых 30—50%, а песчаных — 28%, редко больше. Плотность глин изменяется от 2,70 до 2,79 г/см^3 и в среднем составляет 2,74 г/см^3. Пределы пластичности равны: нижний 20—23%, верхний 31—37%, число пластичности 9—15. Коэффициенты сдвига пород по испытаниям в водонасыщенном состоянии при давлении $3 \cdot 10^5$ н/м^2 составляют 0,62—0,96.

Глинистые породы акчагыла характеризуются малой пористостью, слабой сжимаемостью под нагрузками и высоким сопротивлением сдвигающим усилиям. Отложения практически безводны.

Комплекс апшеронских отложений, входящий в инженерно-геологическую группу пластичных пород, развит в западных предгорьях Копетдага, в предгорьях Малого Балхана, в долине Узбоя и в Сарыкамышской котловине. Он представлен морскими, сильно известковистыми, местами песчанистыми красно-бурого, буровато-серого цвета глинами. В верхней части встречаются прослои песков, в средней — прослои черных глин, отличающихся высокой степенью дисперсности и отсутствием карбонатности. Мощность комплекса колеблется от 100 до 500 м. Мощность и количество песчаных прослоев песка закономерно увеличиваются с запада на восток и от нижних горизонтов к верхним. Мощность песков в долине Узбоя колеблется от 20—25 до 30—40 м. Пески Апшерона состоят в основном из фракций 0,25—0,1 мм, содержащихся в количестве более 80% от общей суммы. Комплекс морских отложений верхнего мела входит в группу полускальных пород с песчаными. Он представлен песчано-глинистыми отложениями, характеризующимися обильными включениями глауконита.

Пески тонкозернистые и мелкозернистые с содержанием фракции от 0,25 до 0,05 мм составляют около 70—80%. Объемная масса песков при плотном состоянии равна в среднем 1,77 г/см^3, а в рыхлом 1,10 г/см^3. Среднее относительное сжатие водонасыщенных песков в интервале давлений от 10 до $5 \cdot 10^5$ н/м^2 равно в плотном сложении 1,0%, в рыхлом 4,5%. Средняя объемная масса глин при естественной

структуре и влажности составляет 1,96 г/см³. Консистенция глин преимущественно тугопластичная, минимальные величины коэффициентов сдвига водонасыщенных глинистых пород в условиях стабилизации их осадков при давлении $3 \cdot 10^5$ н/м² равны 0,44—0,5. Подземные воды в песках очень соленые, обладают сульфатной агрессивностью.

Сумма пылеватых и глинистых частиц обычно изменяется от 40 до 75%, пылеватых от 25 до 50% и песчаных от 5 до 10%. Среди пылеватых частиц фракция мелкой и крупной пыли содержится примерно в одинаковом количестве. Плотность глин изменяется от 2,70 до 2,8 г/см³, в среднем составляя 2,74 г/см³. Нижний предел пластичности равен 25,8, верхний 51,5, число пластичности 25,7.

Высокие показатели влажности и пластичности пород палеогена облегчают скольжение по ним вышележащих толщ пород. Оползни, приуроченные к отложениям палеогена, встречаются всюду, где палеоген обнажается на склонах долин и впадин, а также на правобережье Узбоя во впадине Ахча-Кая, Кара-Богаз-Гола и др. Глинистые породы палеогена благодаря их весьма слабой проницаемости, большой мощности и распространению на территории можно рассматривать как региональный водоупор.

Комплекс пластичных и песчаных пород нерасчлененного олигоцена морского происхождения развит только в чинках Устюрта. Комплекс представлен глинами с прослоями алевролитов и песков, которые местами по простиранию переходят в слабо сцементированные тонкозернистые песчаники мощностью до 50 м.

Комплекс пластичных пород Чеганской свиты нижнего олигоцена морского генезиса развит в чинках Устюрта и состоит из гипсоносных глин с конкрециями сидерита и примазками ярозита зеленоватых, серых и темно-серых цветов. В верхней части глин проявляются линзы и прослои плотного алевролита мощностью от 5 до 15 м. К этим отложениям приурочены оползневые явления, развитые вдоль крутых склонов чинков.

Породы *терригенно-карбонатной* формации сложены прибрежными неогеновыми отложениями и распространены в чинках Устюрта. Комплекс пород внизу представлен красно-бурыми глинами с прослоями мергелей и известняков, выше залегают глины с прослоями мергелей и рыхлых ракушечников с включением бурого железняка.

Подземные воды среднемиоценовых отложений имеют повсеместную минерализацию и обладают сульфатной агрессивностью.

Комплекс полускальных и пластичных пород сарматского возраста представлен однообразными серыми и зеленовато-серыми мергелистыми глинами с прослоями мергелей, известняков и ракушечника. Общая мощность достигает 100 м. Распространен комплекс в западной части региона. Подземные воды залегают на глубинах более 10 м и обладают выщелачивающей агрессивностью.

Породы карбонатной формации верхнего, нижнего и среднего сармата слагают чинки и плато Устюрта.

Комплекс пород относится к инженерно-геологической группе полускальных пород — это известняки мелкоолитовые, местами с ракушечниками и с прослоями светлых мергелей и песчаников. Мощность этих отложений на плато равна 80 м, а в чинках Устюрта 30 м. К этим отложениям приурочены карстовые явления, развитые на поверхности плато в виде западин и карстовых воронок.

Подземные воды комплекса имеют повышенную минерализацию, глубину залегания 10—40 м и обладают выщелачивающей агрессивностью.

Комплекс полускальных и песчаных пород карбонатной формации палеогенового и нижнеэоценового возраста состоит из песчаников, песчанистых известняков и песков. Общая мощность составляет 30 м. Давление на плотные пески равно $2{,}5 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^5$ н/м^2. Расчетные углы внутреннего трения песков при коэффициенте пористости 0,7—0,5 составляют 30—36°.

Подземные воды, заключенные в песках и песчаниках палеоцена, вскрываются колодцами на глубине от 2,5 до 6,5 м, агрессивностью не обладают.

Инженерно-геологические условия региона Туранской плиты в целом определяются сравнительно выровненным характером рельефа, развитием карбонатных и терригенно-карбонатных пород на западе и песчаных — на юго-востоке, а также широким распространением современных геологических процессов, характерных для зоны пустынь и полупустынь (выветривание, развевание, засоление, суффозия и такыробразование, в Чинках — оползни).

Регион 24. Ферганская межгорная впадина. Эта впадина, вытянутая в широтном направлении, располагается между Алайским и Тяньшаньским горными сооружениями. Длина ее около 300, а ширина до 135 км

Палеозойский фундамент впадины образует серию прогибов, выполненных мощной толщей рыхлых четвертичных, третичных и мезозойских отложений.

В геоморфологическом отношении Ферганская впадина представляет собой область наклонной аллювиально-пролювиальной равнины, окаймленной полосой предгорий, состоящей из адырных поднятий и межадырных впадин.

Абсолютные отметки равнины колеблются от 330 до 690 м, возрастая с запада на восток вверх по течению Сырдарьи.

В зоне предгорий абсолютные отметки поверхности равны: в зааадырных понижениях 500—1000 м, а в адырах от 520 до 1125 м, при относительном превышении их над равниной на 50—640 м.

Эта равнина характеризуется аккумулятивными формами рельефа, в то время как адыры относятся к денудационно-тектоническому типу. В регионе широко развиты селевые потоки и подмыв берегов на излучинах, а также развевание, перевевание эоловых песков и образование солончаков

Ферганская впадина на значительной площади сложена четвертичными отложениями, на отдельных площадях породами молассовой формации.

Аллювиально-пролювиальные отложения, развитые в краевых участках Ферганской впадины, сложены в основном комплексом галечников верхнечетвертичного возраста. Мощность галечников колеблется от 30—40 до 70—80 м. Галечники подстилаются толщей конгломератов с отдельными прослоями глин и галечников средне- и нижнечетвертичного возраста.

Галька, валуны и гравий состоят из обломков изверженных и осадочных пород (гранита, гранодиорита, кварца, порфирита, известняка, песчаника и др). Галечники, слежавшиеся уплотненные. Давление на них составляет $6 \cdot 10^5$ н/м^2.

Подземные воды залегают в зоне предгорий на глубинах от 50 до 100 м, а на периферии от 10 до 20 м. Воды пресные, неагрессивные.

Интенсивно проявляется эрозионная деятельность поверхностных вод по руслам рек с подмывом берегов на излучинах, а также сели.

Пролювиальные отложения слагают южную часть Ферганской впадины, протягиваясь полосой от 15 до 25—27 км. Они представлены

комплексом лёссовидных суглинков с небольшими прослоями песков, общей мощностью от 3—5 до 15—20 м и постепенно увеличивающейся к центру впадины. Лёссовидные породы с неравномерным включением солей (в виде кристаллов, прожилок или вкраплений) характеризуются повышенной влажностью и просадочностью. По гранулометрическому составу они относятся к пылеватым суглинкам и супесям. Давления на лёссовидные суглинки составляют $1{,}5 \cdot 10^5$—$2{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2.

Подземные воды залегают на глубине от 0,5 до 5 м, но обычно 1—4 м. По химическому составу и минерализации воды очень пестрые, обладают сульфатной агрессивностью. В местах с наиболее близким залеганием подземных вод наблюдается процесс засоления почв. На отдельных территориях формируются селевые потоки.

Эоловые отложения представлены комплексом песков. Они распространены в центральной части Ферганской равнины в виде отдельных массивов, наиболее крупный из которых носит название Пески Талкудук-Кум. Мощность эоловых песков варьирует от 1—2 до 8—10 м, но обычно составляет 5—8 м.

По гранулометрическому составу они мелкозернистые, пылеватые, состоят преимущественно из зерен кварца, полевого шпата, биотита и роговой обманки. Местами пески содержат известковистые соли и кристаллы гипса.

Сильно минерализованные подземные воды залегают в них на глубине до 10 м, местами глубже, обладают резко выраженной сульфатной агрессивностью.

Эоловые пески в большинстве случаев полузакрепленные или же закрепленные. Процессы развевания и перевевания выражены слабо. Изредка в наиболее пониженных местах наблюдается засоление пород с образованием пухлых солончаков.

Породы молассовой формации представлены комплексом глин, песчаников, конгломератов и галечников неогенового возраста, который относится к инженерно-геологической группе полускальных пород с пластичными. Они слагают Чустпатский и Кассансайский адыры и характеризуются резкими фациальными изменениями литологического состава пород как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях, в связи с чем наблюдается большая невыдержанность слоев. Мощность глин и конгломератов здесь изменяется от 1—2 до 800—1000 м, а песчаников от 1 до 25 м. Отложения неогена дислоцированы, собраны в антиклинальную складку с углами падения пластов на крыльях от 10—15 до 60—70°.

Конгломераты среднегалечные с песчано-гравийным заполнителем содержат включения валунов до 35 см в диаметре. Галька и валуны хорошо окатаны, состоят из обломков изверженных и осадочных пород. Давления на конгломераты составляют $6 \cdot 10^5$ н/м^2.

Глины бурые с вкрапленниками белых солей и кристаллов гипса относятся к инженерно-геологической группе рыхлых пород. Песчаники разнозернистые. Подземные воды распространены в песчаниках и конгломерато-галечниковых прослоях верхней толщи неогена, залегают на глубине до 30—60 м, как правило, напорные и часто выходят на склонах адыров.

По химическому составу воды пестрые, большей частью с повышенной минерализацией, с четко выраженной сульфатной агрессивностью.

Большие уклоны поверхности обусловливают в описываемом районе интенсивное проявление эрозии.

Инженерно-геологические условия Ферганской межгорной впадины определяются: равнинным характером рельефа, широким развитием четвертичных отложений аллювиально-пролювиального и эолового ге-

незиса, близким залеганием подземных вод, обладающих сульфатной агрессивностью, широким развитием просадочных явлений, засолением, наличием такыров, селевых процессов по склонам впадины, а также суффозионных явлений. Сейсмичность региона оценивается в 8 баллов

Регион 25. Тургайский прогиб представляет собой платформенную синеклизу и характеризуется пологими, волнообразными складками, которые захватывают все дочетвертичные отложения, а местами и четвертичные. Наиболее крупным из них является Кустанайский вал, представляющий собой перемычку между Тургайской и Западно-Сибирской впадинами.

В Тургайском прогибе выделяются две геоморфологические области: северная часть Тургайского плато с восточным склоном Мугоджар и южная часть Тургайского плато — столово-останцовая равнина.

Область северной части Тургайского плато с восточным склоном Мугоджар характеризуется расчлененным эрозионным рельефом. Преобладающее развитие имеют терригенные отложения, перекрытые не выдержанным по мощности чехлом четвертичных пород Здесь преобладают процессы выветривания, эрозии, делювиального сноса и эоловой дефляции.

Область южной части Тургайского плато — столово-останцовая равнина — характеризуется широким развитием третичных, преимущественно песчано-глинистых пород. Она отличается в целом равнинным рельефом, осложненным распространением столовых возвышенных останцов, и широким развитием больших песчаных массивов, многочисленных соленых озер, соров и такыров в понижениях между останцами.

Здесь преобладают процессы выветривания, развевания и переотложения песков, а также засоления, суффозии и такырообразования На крутых обрывах чинков столовых останцов местами развиты оползни. Овражная эрозия приурочена к склонам пластовых равнин и плато, а также к террасам рек

В регионе развиты четвертичные отложения эолового, делювиально-пролювиального, субаэрального и аллювиального генезиса.

Эоловые отложения представлены комплексом перевеянных мелкозернистых песков, относящихся к группе песчаных пород. Они слагают бугристые песчаные массивы, полузакрепленные растительностью. Мощность песков от 2 до 7 м.

В сухом состоянии пески сыпучие, во влажном — имеют небольшую связность. Легко размываются и развеваются. Коэффициент фильтрации песков 3—10 м/сут.

Делювиально-пролювиальные отложения представлены комплексом суглинков, распространенных узкой полоской на юго-востоке региона. Суглинки средние и тяжелые, известковистые, частично загипсованные, неясно слоистые, с большим содержанием дресвы и щебня мощностью около 3 м.

В понижениях рельефа суглинки имеют верховодку, со слабо минерализованной водой.

Субаэральные отложения представлены комплексом покровных отложений, состоящих из чередования связных и сыпучих пород. Суглинки переслаиваются с супесями. Суглинки слегка засолены. Засоленность суглинков повышается на участках залегания их на глинах аральской и чеганской свит, а также на участках высокого стояния грунтовых вод.

Суглинки быстро размокают. Они просадочны — коэффициент относительной просадочности от 0,003 до 0,17. Коэффициент фильтрации — порядка 0,0005—0,00005 м/сут. Угол внутреннего трения — 20°.

Супеси обычно с глубины 2—4 м водоносны. Вероятна сульфатная и карбонатная агрессивность вод.

Модуль компрессий суглинков при давлении $3 \cdot 10^5$ н/м^2 обычно колеблется от 18 до 37. Коэффициент консистенции варьирует от 0,63 до 0,33.

Аллювиальные отложения первой и второй террас представлены комплексом песчано-глинистых пород с большим содержанием пылеватых фракций. Суглинки и глины имеют тугопластичную и полутвердую консистенцию. Сцепление равно $0{,}35 \cdot 10^5$ н/м^2. Аллювий поймы представлен в основном песками разнозернистыми с прослоями гравия и гальки.

Подземные воды залегают на глубинах 2—5 м, на отдельных участках обладают сульфатной агрессивностью.

Широко распространены в регионе геолого-генетические комплексы пород *терригенной формации* морских и континентальных отложений: нижнего олигоцена, среднего и верхнего олигоцена, эоцена, нижнего миоцена и верхнего плиоцена.

По составу и свойствам в терригенной формации выделяются комплексы горных пород, входящие в инженерно-геологические группы: пластичных, песчаных и пластичных, полускальных и песчаных пород.

Комплекс пластичных глинистых пород чеганской свиты нижнего олигоцена характеризуется выдержанностью литологического состава и распространен в Северном Приаралье. Глины некарбонатные, слабо пластичные, уплотненные, неясно слоистые с линзами глауконито-кварцевого песка, алеврита, песчаника с мелкими конкрециями сферосидеритов. В зоне выветривания глины становятся тонкопластичными листоватыми, ожелезненными и содержат кристаллики гипса.

Мощность чеганских глин в синклиналях составляет 80—90 м, а на антиклиналях 10—20 м. Глины характеризуются средней засоленностью, преимущественно сульфатного и хлоридно-сульфатного типа и обладают способностью к набуханию. Сцепление глин $0{,}37 \cdot 10^5$ н/м^2, допускаемое напряжение $25 \cdot 10^5$ н/м^2. Чеганские глины являются практически водоупорными породами.

Комплекс пород чаграйской свиты, слагающий поверхности столовых возвышенностей, представлен песками с прослоями и линзами гравия, галечника, железистых песчаников, а также железистых конгломератов. Он относится к инженерно-геологической группе полускальных и песчаных пород.

Пески средние и крупные кварц-кремнистые. Объемная масса песков в сухом состоянии 1,6 г/см^3, во влажном 1,8 г/см^3; угол внутреннего трения и естественного откоса 33°; допускаемое напряжение $3 \cdot 10^5$ н/м^2, во влажном состоянии $1{,}7 \cdot 10^5$ н/м^2.

Грунтовые воды содержатся в нижней зоне песчано-алевролитовых пород. Возможна выщелачивающая карбонатная агрессивность части вод. Глубина залегания воды до 6—8 м, с погружением слоев возрастает до 73 м. Воды напорные.

Комплекс песчаных пород чиликтинской свиты характеризуется плывунными свойствами. Пески мелкие и пылеватые слюдисто-кварцевые в виде тонких редких прослоев. Глины твердой и полутвердой консистенции имеют пористость 0,45—0,35%, сцепление $0{,}25 \cdot 10^5$ н/м^2.

Для мелких песков угол внутреннего трения изменяется от 27 до 36°, сцепление от 0 до $0{,}24 \cdot 10^5$ н/м^2, допускаемое напряжение колеблется от $1{,}5 \cdot 10^5$ до $3 \cdot 10^5$ н/м^2.

Комплекс глин, глауконитовых песков и опоковидных глин тассаранской и саксаульской свит относится к инженерно-геологической группе связных и песчаных пород. Он широко распространен в районе

Иргиз-Улькулкского месторождения, где достигает мощности 280 м. Наблюдается общее увеличение мощности пород комплекса с запада на восток и повышение содержания глин к югу, востоку и западу от Муголжар. Характерной особенностью этих отложений является отсутствие гипсоносности и наличие прослоев кварц-глауконитовых песчаников и алевролитов на глинисто-кремнистом цементе.

Опоковидные глины тассаранской свиты обычно твердой консистенции. Угол внутреннего трения их 16°. Породы слабо водопроницаемы. Набухание незначительно. Они стойки к размоканию, устойчивы в откосах при углах 40—50°.

Модуль компрессии опоковидных глин при давлении $3 \cdot 10^5$ н/м^2 равен 67. Коэффициент консистенции изменяется от 0,13 до 0,24.

Комплекс аральской свиты содержит тонкие прослои песка. Он широко распространен в южной части региона. Глины плотные, жирные с друзами и прослоями гипса. При выветривании распадаются на остроугольные обломки (5—10 см). В сухое время на поверхности глин образуется система трещин шириной 1,5—2,0 см и глубиной до 2—2,5 м. Во влажный период трещины закрываются. Мощность аральской свиты в синклиналях 60—65 м, на остальной территории обычно 10—15 м. Глины устойчивы против размыва, эрозионная сеть развита на них слабо. Глины засолены сульфатно-хлоридными и частично хлоридными солями. Степень засоленности доходит до 90 мг·экв на 100 г. Характерной особенностью аральских глин является их высокая гидрофильность и набухаемость. Величина набухаемости в лабораторных условиях достигает 170—243%, а усадка в среднем около 20%.

Инженерно-геологические условия Тургайского прогиба определяются расчлененным рельефом на северо-западе и равнинным в центральной и южной частях ее. Широким развитием пользуются палеогеновые и неогеновые терригенные песчаные, песчано-глинистые и глинистые породы, которые перекрываются четвертичными делювиально-пролювиальными отложениями, не выдержанными по мощности. Интенсивно проявляются развевание, выдувание, суффозия, а на юге засоление.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий Скифско-Туранских регионов

Закономерности формирования обширной широтно вытянутой территории Скифско-Туранских регионов койлогенного развития проявились в процессе длительного активного прогибания, продолжающегося и в современную эпоху, которое привело к мощному накоплению здесь пород молассовых и терригенных формаций, перекрываемых на западе и востоке мощными лёссами, лёссовидными и облёссованными породами, а в центральной части прерывистым покровом песчаных и песчано-глинистых четвертичных отложений.

Отличительными чертами Скифско-Туранской территории койлогенного развития являются: широтно вытянутое ее положение, широкое развитие слабо дислоцированных отложений от триаса до современных, выполняющих депрессии разной глубины и подстилаемых сложно построенным разновозрастным фундаментом, сформировавшимся в позднем палеозое и выходящим на поверхность в Донбассе, Мангышлаке, Туаркыре и Кызыл-Кумах. Для Скифско-Туранских регионов характерна неоднородность геологического строения и преимущественное расположение их в ландшафтно-климатической зоне пустынь и полупустынь. Площади с прослоем слабых новейших поднятий на общем фоне преобладающих погружений (Устюрт, Ставрополье, Донбасс, Ман-

гышлак и другие более мелкие структуры) занимают значительно меньшие территории и сложены породами терригенно-карбонатных, карбонатных и терригенных формаций третичного возраста, относимых, как правило, к инженерно-геологической группе полускальных пород.

Данная территория отличается слабой сейсмичностью, обусловленной малой активностью тектонических процессов в фундаменте, его глубоким залеганием под мощным покровом осадочного чехла. В ходе новейшего геологического развития сформировался современный геологический облик территории Скифско-Туранских регионов, характеризующийся сменой преимущественно низменных и наклонных предгорных плато, равнин, столовых возвышениостей и обширных массивов песков, обособленных невысоких гор, которые позволяют здесь осуществлять инженерные работы без предварительной подготовки.

Первый от поверхности водоносный горизонт грунтовых вод залегает в рыхлых четвертичных и третичных отложениях на глубинах 5—10 м. Воды обладают как правило, сульфатной агрессивностью.

Расположение Скифско-Туранских регионов в ландшафтно-климатической зоне пустынь и полупустынь, для которой характерны сухость воздуха и преобладание процессов испарения над осадками, способствует развитию здесь комплекса современных геологических процессов, выражающееся в засолении (солонцы и солончаки), такырообразовании, просадочности лёссов, наличие карста в терригенно-карбонатных, карбонатных и гипсоносных породах, оползней по чинкам Устюрта и долинам рек, в предгорной части — оползней, селей и эрозии.

Актуальной проблемой при инженерном освоении территории данных регионов в равнинной части является выявление инженерно-геологических условий мелиорации земель, в связи с острой необходимостью орошения с целью дальнейшего освоения, а в предгорной осуществление инженерных мероприятий по предотвращению перечисленных выше геологических процессов и прогнозирование их возможной активности.

Д. РЕГИОНЫ ОБСКИЕ

Данные регионы включают бассейн р. Оби, а также бассейны левых средних и нижних притоков р. Енисея.

Территория ограничивается с востока Енисейско-Саянской, с запада Уральской, с юга Казахской и с севера Таймырской складчатыми системами, которые плавно погружаются под платформенный покров, за исключением восточной границы, где прослеживаются разломы. Широкой зоной поднятий регион делится на две части: северную с глубоко опущенным и южную с менее опущенным фундаментом.

Территория характеризуется разнородным по типу и возрасту складчатым фундаментом и состоит из системы различно приподнятых и опущенных блоков, разделенных разломами. Фундамент перекрыт чехлом слабо дислоцированных, преимущественно рыхлых отложений, формирование которых началось с конца триаса и продолжается в настоящее время.

В регионе развит сплошной покров осадочных пород, мощность которого увеличивается от периферии к центру, а в северной его части достигает 6 км.

Структура покровной толщи отражает длительное унаследованное развитие и не зависит от воздействия окружавших геосинклиналей, что подтверждается отсутствием краевых прогибов вдоль подножий упомянутых складчатых систем. В покрове регионов выделяются положительные и отрицательные структуры, развитие которых было предопределено складчатыми и разрывными дислокациями фундамента.

В неогене и четвертичном периоде здесь продолжались тектонические движения, сформировавшие все крупные орографические и гидрографические элементы Западно-Сибирской низменности, тесно связанные с движениями фундаментов. На севере региона амплитуда неотектонических движений достигает 300 м, причем последние захватывают как обширные территории, так и локальные участки.

В строении региона выделяются два структурных этажа: нижний — палеозойский, сложенный преимущественно дислоцированными и метаморфизованными отложениями, прорванными разнообразными интрузиями, а верхний — мезозойский, сложенный рыхлыми отложениями. К концу палеозойской эры и в течение всего триаса низменность превратилась в сушу и лишь местами была покрыта морем. Начиная с мезозоя и весь кайнозой, складчатый фундамент региона отличался относительно высокой степенью подвижности с преобладанием опусканий, прерываемых лишь относительно кратковременными поднятиями. В четвертичный период территория неоднократно подвергалась оледенениям.

Климат Обских регионов и Таймырского предгорного прогиба резко континентальный. В северной части суровый, с очень холодной зимой, сильными ветрами, коротким прохладным летом. Продолжительность зимнего периода составляет 8—9 месяцев, причем минимальная среднемесячная температура воздуха достигает —25°С. К зимнему периоду приурочены сильные продолжительные ветры.

В летнее время ощущается охлаждающее влияние Карского моря. Среднемесячная температура наиболее теплых месяцев июля и августа понижается с юга на север от +10 до +4°С. Количество атмосферных осадков колеблется от 170 до 500 мм. Наибольшее количество их выпадает в теплое время года. В северной части региона количество осадков преобладает над испарением, а в южной части — наоборот. Таяние снежного покрова и вскрытие рек происходит в конце мая — начале июля.

Северная часть Западно-Сибирской низменности расположена в зоне сплошного развития многолетней мерзлоты, которая протягивается до параллели 63°. Мощность многолетнемерзлых пород увеличивается с запада на восток с 200 м в районе г. Салехарда до 400 м в низовьях р. Енисея.

Мощность деятельного слоя, оттаивающего летом и промерзающего зимой, колеблется от 0,2—0,3 до 1,5—2,0 м в зависимости от характера пород и экспозиции склона.

Помимо крупнейших рек Сибири — Иртыша, Оби и Енисея на данной территории протекают Пур и Таз, впадающие в Тазовскую губу.

Растительность в северной части Западно-Сибирской низменности тундровая, затем она переходит в смешанные леса, а южная часть низменности занята степью.

Регион 26. Западно-Сибирская плита. В тектоническом отношении регион представляет собой платформу с палеозойским складчатым фундаментом.

В регионе Западно-Сибирской плиты выделяется четыре геоморфологические области: равнины морских трансгрессий, водно-ледниковых равнин (Сибирские увалы), аллювиальных и аллювиально-озерных равнин центральной части Западно-Сибирской низменности, наклонных равнин Казахстанского мелкосопочника.

Область равнины морских трансгрессий располагается в северной части региона. Рельеф ее слабопологий, волнистый с преобладанием плоских, сильно заболоченных равнин с абсолютными отметками от 50 до 100 м. Широким развитием здесь пользуются мор-

ские и ледниково-морские отложения, представленные супесями, суглинками и песками

В области отмечается широкое развитие термокарста, заболачивания, пучения и солифлюкции, связанных с многолетнемерзлыми породами

Область водно-ледниковых равнин (Сибирские увалы) с холмисто-грядовым рельефом представлена слабо всхолмленным плато, расчлененным долинами мелких рек с оврагами в прибрежной части Область покрыта многочисленными мелкими и крупными озерами и болотами Она слагается преимущественно ледниковыми, озерно ледниковыми, а также меловыми и палеогеновыми отложениями В области распространены пучение, перелетки, солифлюкция, связанные с многолетнемерзлыми породами

Область аллювиальных и аллювиально-озерных равнин Западно-Сибирской низменности захватывает центральную часть Западно-Сибирской плиты Она испытала основное погружение в неоген-четвертичное время и сложена флювиогляциальными и озерными отложениями Аккумуляция отложений сопровождалась ее медленным погружением Отдельные участки интенсивно расчленены овражно-балочной сетью с пологими склонами В области развита речная и овражная эрозия

Область наклонных равнин Казахского мелкосопочника представляет собой эрозионно-абразионную равнину Она слагается аллювиально-озерными и озерными отложениями с выходами терригенных пород В области развиты заболачивание, эрозия, суффозия, просадки, оползни и обвалы

В регионе распространены четвертичные отложения морского, ледникового, флювиогляциального, аллювиального, озерно-аллювиального и озерно-болотного генезиса и терригенная формация

Морские и ледниково-морские отложения, представленные комплексом супесей и суглинков, переслаивающихся иногда с песками или прослоями гравия и мелких валунов, имеют мощность около 200—300 м Они пользуются *широким* развитием в северном Приморье

По составу и свойствам породы относятся к инженерно-геологической группе связных пород с включением обломочных Для глинистых разностей этих пород характерно преобладание частиц пылеватой фракции (0,05—0,001 мм), содержание которых колеблется от 52 до 74% Количество частиц меньше 0,001 мм изменяется в пределах 19—45% Плотность глин равна 2,72 г/см^3, суглинков и супесей 2,69 г/см^3, а песков — 2,66 г/см^3 Песчаные разности ледниково-морских отложений относятся к мелким пылеватым пескам в основном к фракциям 0,25—0,1 мм от 22 до 84% и 0,1—0,05 мм от 4 до 69% Объемная масса глин и суглинков при естественной влажности в ненарушенном состоянии равна 1,46—1,89 г/см^3 Величина коэффициента пористости колеблется от 0,42 до 0,86

Глины и суглинки в талом состоянии характеризуются следующими показателями сопротивления сдвигу коэффициент внутреннего трения составляет 0,18—0,31, угол 10—17°, сцепление $1{,}29 \cdot 10^5$—$2{,}19 \cdot 10^5$ н/м^2

При переходе пород в мерзлотное состояние сопротивление сдвигу пород увеличивается коэффициент внутреннего трения до 0,63, угол трения до 32°, сцепление до $3{,}24 \cdot 10^5$ н/м^2 С этими отложениями связано образование мерзлотных процессов — пучение и солифлюкция

Ледниковые отложения представлены комплексом плотных валунных суглинков, супесей и реже глин Они характеризуются высокой плотностью

Угол внутреннего трения составляет 19°, сцепление — $0{,}41 \cdot 10^5$ н/м². Коэффициент сжимаемости при давлениях от $3 \cdot 10^5$ до $6 \cdot 10^5$ н/м² уменьшается от $2 \cdot 10^{-7}$ до $0{,}1 \cdot 10^{-7}$ м²/н.

Подземные воды ледниковых отложений распространены спорадически, в основном ледниковый комплекс пород практически является водоупором.

Флювиогляциальные отложения развиты на п-ове Ямал и в восточной части Гыданского полуострова. Комплекс пород представлен песками разнозернистыми с гравием, галькой и валунами. Мощность их не превышает 25—30 м.

Естественная влажность песков изменяется от 5 до 37%, плотность 2,62—2,70 г/см³. В большинстве случаев они находятся в среднем и плотном состоянии.

Объемная масса скелета при ненарушенном сложении у гравелистых песков характеризуется величиной 1,57—1,60 г/см³, у мелких 1,42—1,57 г/см³, а у пылеватых 1,30—1,54 г/см³. Среднее значение пористости составляет 40%.

Подземные воды в них залегают на глубинах от 1—2 до 25 м, агрессивностью не обладают.

Аллювиальные отложения представлены комплексом супесей и суглинков, мощность которых не превышает 10 м, но в долинах Оби и Енисея увеличивается до нескольких десятков метров. Подземные воды в них залегают близко к поверхности и агрессивностью не обладают.

Озерно-аллювиальные отложения представлены комплексом суглинков, супесей и песков.

Песчаные прослои содержат мелкозернистые и пылеватые разности. Коэффициент фильтрации песков составляет 2,5—4,5 м/сут. Их угол естественного откоса в воздушно-сухом состоянии изменяется в пределах от 34 до 37°, а под водой 31—34°.

Плотность суглинистых пород изменяется от 2,58 до 2,75 г/см³, причем небольшая плотность характерна для тех пород, которые обогащены хорошо разложившимися растительными остатками.

Объемная масса скелета суглинистых пород составляет 1,10—1,53 г/см³, а пористость — около 50%, число пластичности связных пород изменяется от 3 до 32, возрастая по мере увеличения дисперсности пород.

В озерно-аллювиальных отложениях развит водоносный горизонт, который по характеру залегания и режиму относится к верховодке.

С данными отложениями связано развитие суффозии, просадок и термокарста.

Озерно-болотные отложения представлены комплексом торфяников мощностью от 2 до 5—6 м Отложения водонасыщены, сильно сжимаемы. Глубина сезонного протаивания суглинистых пород не превышает 1,2 м. Мощность мерзлых пород в торфяных буграх пучения составляет около 13—15 м. В них развита льдистость, составляющая 20—30% от их мощности, а также процессы термокарста.

Породы терригенной формации представлены комплексом слюдистых алевролитистых аргиллитов с подчиненными пропластками алевролитов, песчаников с прослоями глин и известняков верхнемелового возраста и комплексом опок.

Опоки являются высокодисперсными породами, в них содержится 50—74% пылеватых частиц, а частиц меньше 0,001 мм в них от 23 до 44%. Объемная масса их равна 1,44 г/см³, давления колеблются от $50 \cdot 10^5$ до $480 \cdot 10^5$ н/м². Опоковидные глины обладают довольно высокой прочностью. Угол внутреннего трения изменяется от 13 до 32°; сцепление от $0{,}9 \cdot 10^5$ до $2{,}3 \cdot 10^5$ н/м². Естественная влажность глин изменяется

от 25 до 61%, плотность от 2,61 до 2,82 г/см^3, объемная масса с нарушенной структурой составляет 1,53—2,03 г/см^3, пористость изменяется от 46 до 60%.

Коэффициент сжимаемости их в интервале давлений $0—2\cdot10^5$ н/м^2 составляет $1{,}1\cdot10^{-7}—4{,}2\cdot10^{-7}$ м^2/н, а при нагрузке $2\cdot10^5—4\cdot10^5$ н/м^2 $10^{-7}—3{,}7\cdot10^{-7}$ м^2/н. Угол внутреннего трения составляет 8—19°; сцепление равно $0{,}2\cdot10^5$ н/м^2.

Инженерно-геологические условия Западно-Сибирской низменности определяются равнинным характером рельефа, широким развитием четвертичных песчано-глинистых, в северной части промороженных отложений мощностью до 100—150 м, распространением озер и болот с торфяниками, а в северной половине пучения, солифлюкции, термокарста.

При освоении территории потребуется комплекс инженерных мероприятий, направленных на осуществление мелиоративных работ с целью осушения данной территории.

Регион 27. Таймырский предгорный прогиб располагается на продолжении Енисейско-Ленского мезо-кайнозойского прогиба, окаймляющего с севера Сибирскую платформу.

На складчатом фундаменте главной структуры, нивелируя ее неровности, почти горизонтально, лежит мощный покров рыхлых мезокайнозойских отложений: юрского, мелового и третичного возраста, суммарная мощность которых достигает 2500—4500 м.

Формирование этого покрова проходило на протяжении почти всей палеозойской эры и выражалось в накоплении морских терригенно-карбонатных осадков. В карбоне был перерыв в осадконакоплении, а в пермском периоде в условиях лагунного режима отлагались угленосные фации.

На границе перми и триаса, одновременно с интенсивной вулканической деятельностью и проявлением складчатости в Таймырской геосинклинали сформировалась вулканогенно-осадочная толща пород.

На протяжении юрского и мелового периода шло интенсивное накопление в морских условиях терригенных осадков, полностью компенсирующее прогибание. В конце нижнемеловой эпохи формировались угленосные отложения.

В третичном периоде отлагались преимущественно маломощные континентальные осадки. В четвертичную эпоху Таймырский прогиб представлял собой слабо расчлененную равнину, затронутую оледенением (максимальное в среднечетвертичное время), где формировались преимущественно песчано-глинистые осадки.

В пределах региона выделяются геоморфологические области: морские, ледниковые и водно-ледниковые равнины.

Область морских равнин представляет собой структурные равнины, слабо измененные во время зырянского оледенения и подвергнутые эрозионным процессам в современную эпоху. Они сложены морскими песками и мореной.

В пределах области протекают реки Агапа и Пура, долины которых имеют пойму и одну надпойменную террасу высотой 6—12 м.

Область ледниковых равнин имеет холмистый рельеф, сложена ледниковыми и ледниково-морскими отложениями. Для нее характерна заболоченность в летнее время, обусловленная слабо расчлененным рельефом и водоупорными свойствами многолетнемерзлых пород.

В области развиты: солифлюкция, просадки, пучение пород и термокарст.

Область водно-ледниковых равнин имеет слабо расчлененный холмистый рельеф, здесь широко развиты песчаные флювиогляциальные отложения. Активно проявляются солифлюкция, суффозия, пучение и термокарст. Широкое развитие в регионе имеют четвертичные отложения морского, ледникового, флювиогляциального и аллювиального генезиса, которые подстилаются озерно-аллювиальными и озерно-болотными отложениями и породами терригенной формации.

Морские отложения развиты в межгорных впадинах Таймыра. Они представлены комплексом песков с примесью гравия, гальки, а в нижней части — глин и алевритов. Современный комплекс морских отложений слагает обширные пляжи, многочисленные косы и пересыпи.

Ледниковые отложения представлены комплексом моренных валунных суглинков, распространенных в межгорных депрессиях Таймыра. Морена залегает почти сплошным покровом мощностью до 60 м. Вдоль склонов крупных речных долин наблюдаются всхолмленные гряды, сложенные моренным суглинком с щебенисто-валунно-галечниковым материалом.

Флювиогляциальные отложения представлены комплексом разнозернистых и мелкозернистых песков с небольшим содержанием гравия и гальки.

Озерно-аллювиальные отложения сформировались в послеледниковое время. Они представлены комплексом песков с прослоями суглинков, супесей и глин с линзами ископаемого льда. Эти породы слагают обширные низменные равнины рек Пясины, Агапы, Дудыпты, Верхней Таймыры, Хеты, Хатанги и др. Верхняя часть комплекса сложена слабо разложившимися торфяниками мощностью 4—6 м.

Современные аллювиальные отложения представлены комплексом песков и супесей. Они слагают пойму и надпойменную террасу. Высота поймы обычно не превышает 3—5 м, надпойменной — составляет 8—12 м.

Озерно-болотные отложения представлены комплексом песчано-глинистых образований и плохо разложившимися торфяниками. Мощность торфяников не превышает 2—3 м.

Породы терригенной формации представлены двумя геолого-генетическими комплексами, залегающими по долинам рек.

Комплекс пермских отложений состоит из песчаников, алевролитов, аргиллитов и углистых сланцев. По составу и свойству он относится к группе пластичных и полускальных пород и слагает возвышенности Киряка-Тас и Тулай-Киряка-Тас.

Комплекс верхнемеловых отложений представлен глинами, алевритами и песками. Он встречается по долинам рек Пуры, Хеты, Маймечи и относится к инженерно-геологической группе пластичных пород с песчаными.

Инженерно-геологические условия Таймырского предгорного прогиба определяются низменным и холмисто-грядовым рельефом, широким развитием озер и болот, преимущественным распространением мощного (до 150 м) четвертичного покрова морского, ледникового и озерно-аллювиального генезиса песчаного и глинистого состава. Отложения являются многолетнемерзлыми, они насыщены линзами льда и лишь в мерзлом состоянии приобретают прочность полускальных пород. Подземные воды залегают близко к поверхности, обладают углекислой агрессивностью.

Активно проявляются геологические процессы, связанные с мощной многолетней мерзлотой — термокарст, пучение, солифлюкция, суффозия и заболоченность.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Обских регионов

Территория характеризуется разновозрастным и разнотипным складчатым фундаментом и мощным, слабо дислоцированным покровом, развитие структурных форм которого началось в конце триаса и продолжается в настоящее время. Покров частично залегает на складчатом фундаменте, а частично на осадочных и эффузивных породах, выполняющих глубокие прогибы фундамента. В Приуралье это средне- и верхнетриасовые, а на юго-востоке и востоке — верхне- и среднепалеозойские отложения. Фундамент региона разбит на ряд приподнятых и опущенных блоков, однако даже наиболее приподнятые из них не достигают дневной поверхности. Регион представляет собой асимметричную меридионально вытянутую впадину с большим погружением фундамента в северной части. Мощность осадочных пород достигает 6 км. Наиболее прогнута центральная часть впадины. Регион является областью устойчивых опусканий.

Геологическое строение Обских регионов характеризуется мощной толщей песчано-глинистых, иногда кремнистых, отложений — от юрских, залегающих на кровле фундамента, до неогеновых — в верхней части толщи. Среди четвертичных образований, сплошным чехлом перекрывающих третичные и меловые породы, пользуются преимущественным распространением морские, ледниковые, озерно-аллювиальные, озерно-ледниковые и флювиогляциальные отложения.

В геоморфологическом отношении Обские регионы являются низменностью с высотами от 0 до 200 м и представлены широким развитием аккумулятивных плоских равнин. Они являются областью устойчивых опусканий. В южной части в рельефе преобладают структурно-денудационные плосковолнистые и структурные равнины и плато высотой 100—200 м. Северную половину регионов занимает зона развития многолетнемерзлых пород, для которой характерно широкое развитие озер, солифлюкции, пучения, термокарста, гидролакколитов, а также торфяников.

Гидрогеологические условия характеризуются широким распространением порово-пластовых пресных подземных вод в таликах (северная часть) в терригенных несцементированных, преимущественно в четвертичных породах, а на юге территории порово-пластовых и трещино-пластовых пресных вод в терригенных несцементированных или слабо сцементированных и дислоцированных породах.

Регионы охватывают семь ландшафтно-географических зон с севера на юг: арктическую, тундровую, лесотундровую, таежную, мелколиственных лесов, лесостепную и степную.

При освоении территории в стадиях проектных разработок необходимо учитывать значительную труднодоступность и труднопроходимость в северной половине территории, возможности протаивания мерзлых пород под фундаментами сооружений, активизацию современных геологических процессов (особенно мерзлотных), развития многочисленных озер, болот и торфяников в северной половине территории и лессовых просадочных пород в южной.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНОВ СРЕДИННЫХ МАССИВОВ

Срединные массивы представляют собой геосинклинальные системы, в развитии которых проявляются смешанные признаки геосинклинального и платформенного режима. Для геосинклинального периода

выделяется преобладание движений одного направления на большей части территории с возникновением глубоких разломов.

В начальной стадии становления массива преобладают восходящие движения, а после замыкания геосинклинали срединные массивы развиваются так же, как и окружающие складчатые системы.

Для срединных массивов характерно сходство с платформами и в то же время они отличаются от последних интенсивным магматизмом геосинклинального типа и проявлением складчатости в осадочно-вулканогенном покрове.

Фундамент массивов представляет собой остатки древнего складчатого основания, раздробленного и переработанного в период геосинклинального развития. В пределах территории СССР выделяются два региона срединных массивов: Буреинский и Колымо-Омолонский.

Е. РЕГИОНЫ БУРЕИНСКИЕ

Главными структурными элементами массива являются внутренние Зейско-Буреинская и Амуро-Зейская впадины, выполненные грубообломочными породами терригенной формации мощностью до 1,5 км и разделяемые Мамыкским выступом. Начало их формирования совпадает с верхней и средней юрой. Значительную роль в строении Буреинского массива играют особенности глубинного заложения.

В конце юры и особенно в мелу, когда в Монгольской геосинклинали происходили поднятия, в Буреинском массиве шло прогибание, с формированием Зейско-Буреинской и Амуро-Зейской впадины. С конца позднего мела начинается стадия формирования структур орогенного комплекса.

В пределах данного региона выделяются структуры Буреинского массива и впадины: Зейско-Буреинская и Амуро-Зейская.

Климат региона — муссонный, среднегодовая температура воздуха изменяется от минус 5 до +28°С. Средняя температура июня — августа +20°С, января —20°С. Продолжительность безморозного периода 154 дня. Суточные колебания температуры в летний период составляют 3—5°С. Направление ветра изменяется два раза в год. Среднегодовое количество осадков составляет 400—600 мм. Снеговой покров маломощен, неустойчив, составляет всего 20—30 см. Это способствует глубокому сезонному промерзанию почвы. Речная сеть принадлежит бассейну рек Амура, Зеи и Буреи. В равнинной части долины рек расширены до десятков километров. Скорость течения рек в межень 0,1—1,2 м/с. Режим рек характеризуется весенним половодьем вследствие таяния снега и летним пиком, связанным с обильными дождями. Амплитуда колебания уровня воды 6—10 м.

Регион 28. Буреинский срединный массив. В тектоническом развитии Буреинского массива выделяются два периода. В первый сложились структурные формы фундамента, формирование которых происходило в геосинклинальном прогибе и закончилось в протерозое складчатостью. Во второй период сформировался его вулканогенно-осадочный покров, образование которого тесно связано с развитием сопредельных геосинклиналей.

В покрове Буреинского срединного массива выделяются четыре структурных яруса. Первый ярус сложен терригенными и терригенно-карбонатными толщами, которые сформировались в силуре — раннем карбоне. Второй ярус сложен толщами морских и прибрежно-морских терригенных отложений, образовавшихся в поздней перми — среднем триасе. Третий ярус сложен песчано-сланцевыми осадками — позднего триаса — раннего мела. Структуры четвертичного яруса сложены угленосными и эффузивными толщами, возникшими в апт-сеноманское время.

В геоморфологическом отношении здесь выделяется область гор и предгорий Буреинского массива. Буреинский хребет — это низкие и средние горы, местами переходящие в увалы с абсолютными высотами 400—800 м и относительными превышениями рельефа 500 до 800 м. Центральные, наиболее высокие части хребтов несут следы четвертичного оледенения. Горы сложены породами интрузивной, метаморфической и вулканической формаций. На склонах гор залегают мощные элювиально-делювиальные и делювиальные отложения, в долинах рек аллювиальные — валунного и песчано-галечного состава, покрытые суглинками. Развиты эрозионные и аккумулятивные террасы.

В северной и северо-восточной части региона широко развиты многолетнемерзлые породы и связанные с ними пучения, термокарст, солифлюкция и др. Мощность многолетнемерзлых пород колеблется от 3—5 до 50—80 м. Температура пород —8,5°С. Здесь развиты также обвалы, сели и эрозия. В регионе распространен комплекс пород элювиально-делювиального генезиса и породы молассовой, терригенной, метаморфической, эффузивно-осадочной, эффузивной и интрузивной формаций. По характеру сейсмичной активности регион относится к шестибалльной системе.

Элювиально-делювиальные отложения развиты в области Амуро-Зейской впадины. Комплекс этих отложений залегает на осадочных и изверженных породах палеозойского и мезозойского возраста. На крутых склонах возвышенностей мощность отложений равна 1—2 и 3—10 м, в основании их возрастает до 20 м и более.

Физико-механические характеристики делювиальных супесей и суглинков следующие: для тяжелых супесей плотность 2,5—2,6 г/см^3; число пластичности 5—6,7; естественная влажность 13,4—23,2%, для тяжелых суглинков плотность 2,5—2,53 г/см^3; число пластичности 14,3—15; естественная влажность 15,3—23%.

Давления на делювиальные суглинки и супеси со щебнем в неувлажненном состоянии могут быть приняты от $2 \cdot 10^5$ до $3 \cdot 10^5$ н/м^2. Во влажном и переувлажненном состоянии они резко снижаются.

Широкое распространение многолетнемерзлых пород мощностью от 50 до 170 м создает условия для развития заболачивания и образования полигональных мерзлотных трещин, бугров, пучения, льдистости, термокарста, наледей.

Породы *молассовой формации* нижнемеловых скальных пород в Буреинском массиве и прогибе представлены комплексом дислоцированных континентальных песчаников, конгломератов, гравелитов, алевролитов, аргиллитов и пластов с каменным углем мощностью 1—11 м и прослоями туфов мощностью до 5 м.

В регионе развиты ультрапресные подземные, надмерзлотные и подмерзлотные воды, обладающие гидрокарбонатной агрессивностью. Из современных геологических процессов развиты пучение, термокарст и осыпи, местами закрепленные на склонах.

Породы *терригенной формации* слагаются юрскими и меловыми отложениями, представленными комплексом песчаников, алевролитов, аргиллитов и конгломератов. Комплекс слагает Буреинский, Тырминский и Гуджинский прогибы. Породы дислоцированы и трещиноваты. Временное сопротивление сжатию для песчаников $8 \cdot 10^7$—$12 \cdot 10^7$ н/м^2, для алевролитов $6 \cdot 10^7$—$8 \cdot 10^7$ н/м^2. Подземные воды имеют слабую минерализацию, обладают общекислотной агрессивностью.

Породы *метаморфической формации* протерозоя представлены комплексом биотитовых и амфиболитовых кристаллических сланцев и кварцитов мощностью около 4500 м. Эта формация распространена на Ма-

лом Хингане. Коэффициент крепости пород от 8 до 15 м, сверху они обычно перекрыты делювиальными щебенчатыми суглинками мощностью около 3 м. Породы слабо обводнены, подземные воды обладают общекислотной агрессивностью, минерализация их не превышает 0,1 г/л.

Породы *вулканогенно-кремнисто-терригенной формации* распространены в пределах Ванданского и Ниланского антиклинориев. Они представлены комплексами песчаников, алевролитов, кремнистых и кремнисто-глинистых сланцев, конгломератов, диабазовых порфиритов, диабазов и их туфов, спилитов, пластами зеленокаменных пород и линзами известняков. Породы интенсивно дислоцированы и представляют собой сложную систему линейных складок, осложненных более мелкой складчатостью с углами падения крыльев 50—80°. Складки нарушены зонами разломов типа надвигов и сбросов. В верхней зоне широко развита региональная трещиноватость, наиболее интенсивно она проявляется в алевролитах и глинистых сланцах. Трещины чаще закрытые, проникающие вглубь до 50—60 м. Тектонические нарушения сопровождаются зонами дробления, рассланцевания и спилитизации.

Подземные воды трещинного типа, слабоминерализованные. Водообильность пород весьма неравномерная. Наиболее водообильными являются зоны тектонических нарушений. Подземные воды обладают выщелачивающей агрессивностью. На склонах возвышенностей развиты осыпи и россыпи.

Породы *вулканогенной формации* слагаются комплексом пород, представленных андезитами, андезито-базальтами, кварцевыми порфирами, липаритами мелового возраста. Общая мощность 1500—2000 м. Трещиноватая зона в эффузивах развита до глубины 50—60 м, местами достигает 200 м Породы относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Временное сопротивление сжатию по единичным определениям для порфиритов равно $17 \cdot 10^7$—$22 \cdot 10^7$ н/м^2. Коэффициент прочности 6—8. Подземные воды, приуроченные к зоне открытой трещиноватости, местами напорные. Наиболее водообильны туфогенные образования. Воды слабо минерализованы, обладают гидрокарбонатной агрессивностью.

Из современных геологических явлений на склонах развиты осыпи. В долинах рек встречаются наледи и островная многолетняя мерзлота.

Породы *интрузивной формации* распространены в Буреинском хребте и представлены комплексом гранитов, гранодиоритов, кварцевых диоритов, реже габбро-диоритов. Мощность трещиноватой зоны на отдельных участках достигает 100 м. Широко развиты тектонические разломы с зонами дробления, где породы катаклазированы и окварцованы. Мощность отдельных зон достигает 800 м (Южно-Тукурингрский разлом). Наиболее интенсивному выветриванию подвержены крупнозернистые граниты, на которых формируется дресвяная кора выветривания мощностью до 20 м. Временное сопротивление пород сжатию составляет $12 \cdot 10^7$—$13 \cdot 10^7$ н/м^2. Подземные воды характеризуются слабой обильностью. Агрессивность подземных вод общекислотная, местами выщелачивающая. Развиты каменные осыпи.

Инженерно-геологические условия региона определяются наличием среднегорного рельефа с широким развитием трещиноватых метаморфических и интрузивных пород, распространением многолетнемерзлых пород мощностью от 200 до 700 м, с температурой на гольцах до —8,5°С. При строительстве необходимо учитывать сохранение температурного режима мерзлых пород, наличие наледей, образующихся осенью и в начале зимы, массовые обвалы в горах, землетрясения силой более 6 баллов, а также оползни и сели по долинам рек и балок.

Регион 29. Зейско-Буреинская и Амуро-Зейская впадины. Данный регион относится к категории внутренних впадин, возникших на срединных массивах в период замыкания сопредельных геосинклинальных систем. Его впадины относятся к этапу орогенного развития региона и заполнены грубообломочными угленосными толщами мощностью до 1500 м.

Зейско-Буреинская и Амуро-Зейская впадины представляют собой область плосковолнистых аллювиальных, местами террасированных аккумулятивных равнин и плато, имеющих абсолютные отметки 300—400 м и относительные превышения рельефа 40—60 м. Зейская равнина сильно заболочена и расчленена на ряд территорий Вдоль рек Зеи и Амура развит комплекс речных террас высотой 4—10 м.

Область слагают аллювиальные, озерно-аллювиальные, аллювиально-пролювиальные генетические типы пород. Территория по сейсмической активности относится к шестибалльной зоне. Регион захватывает южную границу развития островной многолетней мерзлоты. Мощность промороженных пород здесь колеблется от 3—5 до 50—80 м.

Здесь распространены аллювиальные, озерно-аллювиальные, аллювиально-пролювиальные генетические типы пород и комплексы отложений молассовой и терригенной формаций.

Аллювиальные отложения слагают низкую и высокую поймы и первую надпойменную террасу р. Амура. Комплекс представлен песками, местами иловатыми с гравием и галькой. В кровле они нередко прикрываются суглинками или глинами мощностью до 2—3 см. Подземные воды залегают на глубинах до 5 м, обладают общекислотной агрессивностью.

Озерно-аллювиальные отложения слагают террасу Амура и представлены комплексом глин мощностью до 30 м и более с прослоями песков и галечников. Пески содержат глинистые частицы и обладают плывунными свойствами. Среднечетвертичные глины имеют полутвердую и твердую консистенцию, в естественном залегании они очень плотные и сухие.

Подземные воды залегают на разной глубине на низких и высоких поймах до 5 м, и на надпойменных террасах до 30 м и более, агрессивностью не обладают.

Аллювиально-пролювиальные отложения распространены вдоль подножий горного обрамления Амуро-Зейской депрессии, в виде шлейфа шириной от 5—6 до 10—15 км.

Комплекс представлен глинами, суглинками со щебнем и дресвой, глинистым песком и галькой, залегающими местами в виде прослоев.

Подземные воды типа верховодки слабоминерализованные. Местами отложения на всю мощность промерзлы. Дочетвертичные образования представлены комплексом пород молассовой и терригенной формаций.

Молассовая формация представлена комплексами пород верхнемелового и плиоценового возраста и распространена в юго-восточной части Амуро-Зейской равнины. Комплекс состоит из переслаивания песков, алевролитов, глин с пластами бурых углей мощностью до 25 м. Песчаные породы характеризуются значительным содержанием пылеватых и глинистых фракций, а в увлажненном состоянии приобретают свойства плывучести. Глинистые породы имеют естественную влажность 12—38%; объемную массу 1,55—1,68 г/см^3; плотность 2,55—2,68 г/см^3; число пластичности 14—24.

Подземные воды приурочены к комплексу песчаных пород и образуют несколько безнапорных и напорных водоносных горизонтов, ха-

рактеризующихся слабой водоносностью. Минерализация вод не более 0,2—0,3 г/л. Агрессивность вод в основном общекислотная

С глинистыми отложениями связано развитие оползней и заболачивания.

Породы *терригенной формации* выходят полосой шириной до нескольких километров на побережье рек Зеи и Амура. Терригенная формация миоценового возраста состоит из песков, гравия, гальки с прослоями глин и лигнитов общей мощностью до 180 м

Мелкозернистые пески имеют следующие средние значения: естественную влажность 14,8%; объемную массу 1,87 г/см^3, плотность 2,66 г/см^3; пористость 38,8%, коэффициент насыщения 0,63. Пески гравелистые — естественная влажность 10,6%, объемная масса скелета 1,93 г/см^3; плотность 2,64 г/см^3; пористость 33,6%, коэффициент пористости — 0,39; полная влагоемкость 19,8%

Инженерно-геологические условия региона определяются сравнительно равнинным рельефом с широким распространением четвертичных и неогеновых отложений песчано-гравийно галечникового состава, частично распространенных в зоне многолетнемерзлых пород. Дочетвертичные породы обладают достаточно высокими несущими свойствами. Широко распространены обширные заболоченные территории, которые ежегодно подвергаются затоплению паводковыми водами рек и поэтому, как правило, являются непригодными для строительства. На территории широко развиты обвалы, осыпи, карст, оползни, овраги, пучение, наледи

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Буреинских регионов

В современной структуре региона выделяются Буреинский приподнятый массив и две связанные с ним впадины — Зейско-Буреинская и Амуро-Зейская В ходе формирования структуры наибольшее развитие в Буреинском массиве получили интрузивные, эффузивные и эффузивно-осадочные формации, слагающие приподнятый фундамент, а на территории впадин песчано-глинистые третичные и четвертичные отложения Меловые, континентальные и юрские образования терригенной и молассовой формаций пользуются подчиненным распространением. Сформировавшийся покров четвертичных пород в пределах Буреинского массива представлен преимущественно делювиальными и элювиально-делювиальными генетическими типами глинисто-щебенистого состава различной, но значительной мощности. В пределах же впадин их территория слагается мощными средне-верхнечетвертичными и плиоцен-нижнечетвертичными аллювиальными, озерно-аллювиальными, аллювиально-пролювиальными образованиями.

На указанных породах четвертичного и дочетвертичного возраста формировались соответственно их структурному плану современные геоморфологические условия, позволяющие в облике региона выделить преимущественное распространение в пределах Буреинского массива — гор и нагорий на складчатом и древнем кристаллическом основании с узкими гребнями водораздельных хребтов и слабым развитием древних поверхностей выравнивания. Это область устойчивых новейших интенсивных поднятий. В пределах впадин сформировались геоморфологические условия выраженные развитием структурно-денудационных равнин, плато на горизонтально лежащих осадочных образованиях и денудационных пенепленов с плоскоувалистым рельефом высотой до 14—18 м на складчатом основании, а в речных долинах — террасированные аккумулятивные равнины — области устойчивых опусканий.

Гидрогеологические условия, сформировавшиеся к настоящему времени в рассматриваемом регионе в четком соответствии со структурным планом, составом пород и развитием многолетнемерзлых пород, характеризуются распространением подземных вод и зоны открытой трещиноватости с глубиной залегания до 50—60 м. Воды пресные с малыми дебитами <1 л/с и слабой минерализацией гидрокарбонатно-кальциевого состава. В породах терригенной, карбонатной и эффузивной формаций дебиты скважин и родников достигают 7—10 л/с.

В пределах Зейско-Буреинской и Амуро-Зейской впадин в толще аллювиальных отложений подземные воды залегают на глубинах от нескольких до пяти и тридцати метров на высоких террасах. В зоне промороженных пород надмерзлотные воды залегают на глубинах менее одного метра.

В регионе можно выделить двух типов климат: 1) влажный, с умеренно теплым летом и умеренно суровой малоснежной зимой — в северо-восточной половине и 2) влажный, с теплым летом и умеренно суровой малоснежной зимой — в юго-западной половине. Температура воздуха января —28—32°С, июля +12—20°С; толщина снежного покрова за зиму колеблется от 90 до 150 см. Снег лежит от 160 до 180 дней.

Поскольку в описываемом регионе на значительной его части распространены многолетнемерзлые породы, современные геологические процессы развиваются в тесной связи не только с составом слагающих пород, но и под воздействием их мерзлотного состояния и свойств. В регионе широко развиты: наледи, пучение, солифлюкция, термокарст, а также процессы обвалов, осыпей, оползней, селей и явления разрушения берегов рек.

Инженерно-геологические условия, сформировавшиеся в данном регионе, по степени сложности строительного освоения резко различаются в пределах территорий Буреинского массива и примыкающих к нему впадин. Это различие наблюдается как по составу и свойствам пород, характеру рельефа (горный и равнинный) и связанной с этим степенью инженерной подготовки, так и по направленности современных геологических и инженерно-геологических явлений. Поэтому необходимо учитывать следующие инженерно-геологические особенности территории данного региона. Развитие в пределах массива трещинных скальных пород с глубоко залегающими подземными водами, а на равнинах впадин с относительно близким зеркалом грунтовых вод. На значительной части территории, кроме юго-западной, развиты многолетнемерзлые породы и связанные с ними инженерно-геологические процессы, вызванные оттаиванием пород под сооружениями. Впадины относятся к сейсмической зоне силой до 6 баллов, в их пределах значительно развита заболоченность.

Ж. РЕГИОНЫ КОЛЫМО-ОМОЛОНСКИЕ

Данные регионы имеют блоковую структуру массива. Породы, слагающие блоки, перебиты разломами и образуют линейноскладчатые и куполовидные поднятия. Основные структуры разделяются по типам на: блоки, складчатые зоны, прогибы, горст-антиклинории и поднятия.

Древнейшие породы (архейские) представлены гнейсами, а нижне- и среднепротерозойские — метаморфическими — различными сланцами и амфиболитами. Верхний протерозой представлен преимущественно обломочными породами, доломитами и известняками, а также сланцами и кварцитами.

Вышележащая толща от кембрия до современных представлена магматическими, метаморфическими и осадочными породами. В протерозое сформировался фундамент территорий. С ордовика на значительной площади начал формироваться чехол срединного массива. Развитие Колымо-Омолонского массива контролировалось геосинклинальным режимом Верхоянской, Чукотской и Корякской геосинклиналей. В чехле отложений выделяют два яруса: первый, сформированный в позднем протерозое, второй с ордовика по ранний карбон.

Фундамент, обнаженный по разломам на правобережье р. Колымы, слагается архейскими и раннепротерозойскими кристаллическими сланцами и гнейсами, смятыми в сложные складки, близкие к меридиональному простиранию. Наблюдаются интрузии гранитов.

В верхнем комплексе выделяются серии структур: опоки, горст-антиклинории, складчатые зоны, прогибы и антиклинории. Мощность отложений в прогибах доходит до 7 тыс. м (Момский прогиб). Для Колымо-Омолонского массива характерно неоднократное проявление магматизма, который прослеживается от архея до четвертичного периода (вулканы Балаган-Тас и Алугинский).

Начиная с верхнего палеозоя магматизм регионов был тесно связан с магматизмом Верхоянской и Чукотской геосинклинальных систем, а со второй половины раннего мела — палеогена — с развитием Тихоокеанской геосинклинальной области

Регион 30. Колымский массив с Олойской впадиной и Зырянским прогибом. Регион выражен в рельефе системой средних и высоких горных хребтов, в восточной части переходящих в низкогорья и плоскогорья, развитые по периферии региона и окружающие плоскогорье и низкую равнину, приуроченную к его центральной части. Существенное значение имеют межгорные впадины.

Складчатый фундамент пород изверженной и метаморфической формации выходит на поверхность на небольших участках Юкагирского плоскогорья (Приколымское поднятие).

Тектоническое строение дочетвертичных пород весьма сложно. В Моно-Полоуской антиклинальной зоне развиты складчато-глыбовые структуры с весьма неравномерными молодыми подвижками отдельных блоков, которые привели к формированию межгорных впадин и характерной для горных сооружений — цепи Черского. В Зырянской послегеосинклинальной впадине породы залегают более спокойно.

В пределах региона выделяются три геоморфологические области: озерно-аллювиальные равнины Колымо-Алазейской низменности (южная и юго-восточная части); складчато-глыбовые эрозионно-тектонические горы с равнинами межгорных впадин и область денудационных и структурных плоскогорий.

Область озерно-аллювиальных равнин Колымо-Алазейской низменности (южная и юго-восточная части) занимает центральную часть региона. Рельеф области ровный, слабо расчлененный, с низкими останцовыми возвышенностями выходов дочетвертичных пород. На равнинах повсеместно развит термокарстовый рельеф и многочисленные озера. Абсолютные отметки равнины 80—100 м.

Область в целом сейсмична или слабо сейсмична, за исключением западных и южных окраин, сейсмичность которых оценивается в 6 баллов.

Область складчато-глыбовых эрозионно-тектонических гор с равнинами межгорных впадин. Рельеф области сформировался под действием значительных неотектонических

движений, в результате чего пенепленизированная поверхность ее была поднята и расчленена эрозией.

В целом область характеризуется низкогорным рельефом с караваеобразными поверхностями вершин, имеющих отметки до 1200 м, но чаще от 300 до 900 м и относительное превышение 200—400 м.

Межгорные впадины имеют равнинный холмисто-увалистый рельеф с широкими речными долинами. Освоение их осложняется в связи с развитием термокарста супесчано-суглинистых, высокольдистых четвертичных отложений. Наибольшее распространение в области имеют породы метаморфической, карбонатной, терригенной, молассовой, интрузивной и вулканогенной формации. Четвертичные отложения содержат линзы, прослои и пласты льда. Они представлены озерно-аллювиальными и аллювиальными комплексами. Интенсивно проявляются осыпи, курумы, солифлюкция, пучение, термокарст и заболачивание.

Возможны землетрясения до 8 баллов. В межгорных депрессиях, где велика мощность рыхлых отложений, строительство наземных сооружений должно осуществляться с сохранением мерзлого состояния пород. На северных окраинах области развит карст протерозойских и нижне-среднепалеозойских дочетвертичных пород. Вследствие многочисленных разломов условия подземного строительства значительно усложняются, так как с ними могут быть связаны неустойчивые зоны повышенной трещиноватости и древнего карста. В долинах развиты устойчивые подрусловые талики с мощностью аллювия 5—10 м и более.

Область денудационных и структурных плоскогорий слабо расчленена эрозией. Она характеризуется в основном низкогорным рельефом с платообразными водоразделами в депрессиях между хребтами — в западной части и сложно расчлененным рельефом — в восточной. Абсолютные отметки достигают 1000—1200 м. Наиболее широко развиты в области породы метаморфической, терригенно-карбонатной, молассовой, эффузивной и интрузивной формаций.

Четвертичные отложения находятся в зоне многолетнемерзлых пород и насыщены льдом. Они представлены аллювием, отложившимся в межгорных впадинах. Характерны современные геологические процессы: солифлюкция, пучение, термокарст, заболачивание и талики в долинах рек. Сейсмическая активность территории 7 баллов. В долинах рек развиты устойчивые талики.

Четвертичные отложения представлены ледниковыми, озерно-аллювиальными и аллювиальными генетическими типами пород.

Ледниковые отложения сложены комплексом несортированных валунно-глыбовых и песчано-глинистых пород, мощностью несколько десятков метров. Они выполняют межгорные впадины и относятся к инженерно-геологической группе связных пород с крупнообломочными. С данным комплексом отложений связаны термокарстовые озера и заболоченность в летнее время.

Аллювиальные отложения имеют пестрый состав (от песчано-гравийно-галечного до глин). Комплекс отложений вмещает подземные льды в виде линз по напластованию и секущих его. Имеются пропластки торфа. Заполнитель песчаный. Пески от разнозернистых до мелкозернистых, часто илистые. Глинистые разности представлены илами, супесями, суглинками и глинами. Мощность аллювиального комплекса от 1 до 30—50 м и более. Породы по таликовым зонам обводнены. Таликовые зоны прослеживаются как под современными руслами (поймами), так и под староречьями и у склонов долин. Грунтовые, иногда слабо напорные, воды залегают на глубине 0—5 м. С данным комплексом пород связаны помимо таликовых зон термокарст, пучение и заболачивание в летнее время.

Наибольшее площадное распространение в регионе имеют *озерно-аллювиальные отложения,* слагающие бо́льшую часть аккумулятивной равнины. Комплекс пород состоит из лёссовидных иловатых супесей и суглинков мощностью более 60—70 м. Близ горных сооружений в составе комплекса присутствуют песчано-глинисто-гравийные и галечные породы. Характерной особенностью комплекса является повсеместная и сильная насыщенность отложений льдом в виде линзочек, прожилков и крупных клиновидных тел. Песчаные разности обладают очень высокой (до 40—80%) весовой влажностью (льдистостью). При оттаивании супеси, суглинки и пески превращаются в типичные плывуны и разжиженные грунтовые массы. С данным комплексом связаны термокарст и заболачивание (бесчисленное множество озер).

Породы *молассовой формации* включают комплексы пород осадочно-вулканогенного состава верхней юры и нижнего мела, представленные туфогенными конгломератами, гравелитами, песчаниками туфогенными и полевошпатовыми, глинистыми и углисто-глинистыми сланцами, с пластами углей и алевролитов, туфами базальтов и андезитов. Комплекс пород относится к инженерно-геологической группе скальных с полускальными пород. Наибольшее распространение имеют песчаники, алевролиты, глинистые и песчано-глинистые сланцы. Конгломераты, туфоконгломераты, туфы и эффузивы имеют подчиненное развитие. Общая мощность комплекса 2200—3000 м. Породы слабо дислоцированы, залегают в виде брахискладок, с углами падения 5—20°. Вблизи разломов углы падения увеличиваются до 35—40° и более. Физико-механические свойства пород данного комплекса не изучены. Наименее прочны глинистые, углисто глинистые и песчано-глинистые сланцы и алевролиты.

Современные геологические процессы, связанные с породами данного комплекса, представлены солифлюкцией, пучением, термокарстом и заболачиванием. Они развиты повсеместно.

Породы *терригенной формации* верхнего протерозоя слагаются комплексом конгломератов, кварцитов, кварцитовидных песчаников, переслаивающихся со сланцами, общей мощностью более 3500 м. Реже встречаются прослои известняков и доломитов. Дислоцированность пород в целом сравнительно интенсивная, характерны коробчатые складки. Широко развиты солифлюкция, термокарст, пучение и заболачивание. Солифлюкция нередко приобретает оползневой характер. Комплекс перми и средней юры сложен глинистыми, песчано-глинистыми, углистыми сланцами, алевролитами, песчаниками полимиктовыми, туфогенными, известковистыми, конгломератами, глинистыми известняками, мергелями и другими отложениями.

Наибольшее развитие имеют сланцы. Общая мощность толщи до 2200 м. Породы относятся к инженерно-геологической группе полускальных со скальными. Отложения слабо дислоцированы, смяты в пологие складки с углами падения 10—15°, разбиты многочисленными разрывными нарушениями. Физико-механические свойства пород данной формации не изучены. В связи с нарушенностью по зонам тектонических разломов в массивах, прочность комплекса будет ослаблена, особенно в талом состоянии.

С данной формацией связаны солифлюкция, пучение и заболачивание.

Породы *терригенно-карбонатной* формации верхнего девона — нижнего карбона представлены комплексом известняков (песчанистых, глинистых и доломитизированных), известковистых, полимиктовых, кварц-полевошпатовых и иногда туфогенных песчаников, мергелей, алевролитов и глинистых сланцев. Известняки органогенные, криноидные, пели-

томорфные и др Мощность комплекса до 1800 м Дислоцированность пород слабая. Они относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Пологие складки осложнены многочисленными разрывными нарушениями. Сложные складки имеют глинистые сланцы и тонкоплитчатые известняки Физико-механические свойства пород данной формации не изучены

Породы *карбонатной формации* представлены комплексом известняков, тонко- и толстоплитчатых, песчанистых доломитов, пестроцветных мергелей, известковистых песчаников, известково-глинистых сланцев с линзами конгломератов ордовика и девона. Общая мощность комплекса от 500 до 2000 м. Породы слабо дислоцированные, но разбиты многочисленными тектоническими разрывами Физико-механические свойства пород не изучены В массиве прочность пород ослаблена в связи с общей тектонической нарушенностью их. Современные геологические процессы развиты слабо. Карстовые процессы не установлены.

Породы *метаморфической формации* архея и протерозоя слагают фундамент региона Они представлены комплексом гнейсов, гранитогнейсов, парагнейсов и кристаллических сланцев, в подчиненном количестве развиты кварциты и амфиболиты, которые относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. С породами данной формации связаны солифлюкция и курумы В элювиально-делювиальном покрове заключены воды сезонно-талого слоя, имеющие очень слабую минерализацию и обладающие гидрокарбонатной агрессивностью Породы обладают повышенной трещиноватостью в верхних частях и в зонах тектонических нарушений.

Породы *вулканогенной формации* представлены двумя комплексами. Первый мелового — палеогенового возраста слагается лавами и туфами от основного и среднего до кислого состава· липариты, дациты, андезиты, андезито-базальты общей мощностью до 800 м Породы слабо дислоцированы, сложены в пологие и спокойные складки. Физико-механические свойства пород не изучены С породами данного комплекса связаны осыпи и солифлюкция, реже термокарстовые явления Комплекс вулканогенных пород среднего и верхнего девона состоит из пестроцветных липаритов, дацитов и их пирокластов. В подчиненном количестве присутствуют полимиктовые конгломераты, туфогенные песчаники, песчано-глинистые сланцы. Мощность комплекса от 30—100 до 1500 м. Породы слабо дислоцированы, смяты в пологие, широкие складки с углами падения на крыльях 8—10°, осложнены тектоническими нарушениями. Физико-механические свойства пород не изучены. С породами данного комплекса связаны осыпи, наледи (повсеместно) и снежники.

Породы интрузивной формации преимущественно нижнемелового возраста представлены комплексом гранодиоритов, щелочных и субщелочных гранитов и гранитов. Подчиненное значение имеют граносиениты, диориты и габбро. С породами данного комплекса связаны осыпи и курумы.

Инженерно-геологические условия региона в целом определяются равнинным рельефом на севере и низкогорным — на остальной территории. Здесь преимущественно развиты дочетвертичные терригенные породы и озерно-аллювиальные четвертичные отложения Породы обладают сравнительно слабой прочностью, развитием мощной и сплошной многолетней мерзлоты, насыщенностью отложений льдом, широким развитием процессов, связанных с многолетней мерзлотой — солифлюкции, термокарста заболачивания, осыпей и пучения. Сейсмичность оценивается в 6—7 баллов.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Колымо-Омолонских регионов

Формирование инженерно-геологических условий данных регионов характеризуется следующими особенностями: структура региона — блоковая, породы, слагающие блоки, разбиты разломами и образуют линейно-складчатые и куполовидные поднятия. Выделяются блоки, складчатые зоны, прогибы, горст-антиклинории и поднятия.

В регионе развиты формации метаморфических, эффузивных, интрузивных, терригенных, карбонатных и молассовых пород.

Четвертичные отложения, развитые в основном во впадинах, представлены чехлом небольшой мощности колювиальных, элювиальных, делювиальных и ледниковых отложений. Здесь выделяют сартанскую стадию позднечетвертичного оледенения и позднечетвертичное горно-долинное оледенение.

В геоморфологическом отношении регион представляет собой горы и нагорья на складчатом основании, а также денудационные пенеплены с устойчивыми новейшими поднятиями.

Гидрогеологические условия сложные. Возможно распространение солоноватых и соленых подземных вод на большой глубине. Подземные воды определяются распространением многолетнемерзлых пород.

Климат региона избыточно влажный и влажный с умеренно теплым летом и суровой снежной зимой. Январские температуры достигают минус 40°, а июльские не превышают плюс 12° в центре региона. Средняя из наибольших декадных высот снежного покрова за зиму изменяется от 40 до 60 см. Снег лежит до 240 дней. Снег появляется в середине сентября, а сходит в июне.

При инженерном освоении территории Колымо-Омолонского региона необходимо учитывать широкое распространение высокольдистых пород, а также развитие процессов солифлюкции, пучения, заболачивания, термокарста, наледей, снежников, осыпей и курумов и возможные землетрясения силой до 8 баллов.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНОВ ЗАВЕРШЕННОЙ СКЛАДЧАТОСТИ

Режим регионов завершенной складчатости, возникший постепенно после стадии геосинклинального режима, характеризуется длительной направленностью тектонических движений одного знака, унаследованной от конечного этапа геосинклинального развития.

В развитии подобных регионов, фундамент которых не подвергся переработке, проявляются две тенденции — либо преимущественно восходящих, либо нисходящих движений, в результате чего возникает орогенный или койлогенный режим. В состав регионов завершенной складчатости входят Уральские, Таймырские, Байкальские, Монгольские, Сихотэ-Алиньские и Верхояно-Чукотские, Казахстанские, Зайсанские, Тянь-Шаньские и Алтае-Саянские, сформировавшиеся в геосинклинальном режиме.

3. РЕГИОНЫ УРАЛЬСКИЕ

Данные регионы, включающие: Новую Землю, Вайгач и Пай-Хой с Уралом, протяженностью более 3000 км, шириной местами до 500 км, ограничивают Русскую платформу с востока. Уральская структура, прослеживаясь к югу до Аральского моря, на востоке намечается по разломам несколько восточнее Кустаная и Кургана, на севере ее восточ-

ные виргации прослеживаются до южного берега Байдарацкой губы, а к западу включают Пай-Хой и Вайгач.

Характерной чертой геологического строения региона являются чередование меридионально вытянутых параллельных зон поднятий и опусканий с резкой широтной сменой комплексов пород различного состава, возраста и генезиса Поперечными разломами регион разделен на отдельные блоки. Поперечная зональность выявляется в чередовании расширений и сужений структурно-фациальных зон и изменения состава, мощности осадочных и вулканогенных образований.

Сейсмичность Уральских регионов слабая, не превышает 5 баллов. За последние 45 лет зарегистрировано только пять таких землетрясений.

Уральская складчатая система заложилась в конце протерозоя, так как все более древние доуральские структурные элементы характеризуются другим простиранием. В конце триаса — начале юры Урал закончил свое геосинклинальное существование и вступил в фазу орогенного режима с преобладанием поднятий, за исключением восточной и южной частей, где продолжалось осадконакопление.

Уральский комплекс общей мощностью до 10 км делится на два подкомплекса: первый — позднепротерозойско-кембрийский, представлен породами терригенных, карбонатных, вулканогенных и молассовых формаций, второй — ордовико-триасовый, общей мощностью до 7 км слагается в нижней части породами карбонатных, терригенных, вулканогенных и интрузивных, а в верхней части и флишоидных формаций.

После завершения геосинклинальных процессов западная часть Урала испытала общее сводово-глыбовое поднятие, в результате чего возник Уральский ороген. В пределах Урала развиты многочисленные и разнообразные разрывные нарушения, располагающиеся главным образом на границе между зонами движения различных знаков, служивших путями внедрения магмы.

Развитие Уральских регионов началось в позднем докембрии с образованием серии глубинных разломов меридионального простирания, который располагался в восточной части западного склона современного Урала.

В раннем и среднем кембрии активизировалась вулканическая деятельность андезито-базальтовых излияний. Во второй половине кембрия в пределах центрального и восточного Урала возникла складчатость Уральского простирания и мощные излияния гранитоидных магм. На месте западного склона современного Урала сформировался краевой прогиб с отложением в нем молассовых формаций.

В восточных зонах кембрийская эпоха не проявлялась. Магматическая деятельность в Центрально-Уральской области прекратилась.

Вторая эпоха развития геосинклинали началась в конце кембрия — начале ордовика. В это время продолжались опускания в центральной и восточной зонах. На месте западного склона заложился внешний геосинклинальный прогиб, а на востоке проявились поднятия.

В ордовике в зонах прогибания аккумулируются породы осадочно-вулканогенных формаций, во внешнем прогибе терригенно-карбонатные, а в зонах поднятий — терригенные и терригенно-карбонатные формации.

В силуре — раннем девоне активизировались разломы и магматическая деятельность. Затухают опускания, и в среднем девоне территория региона испытывает поднятие, за исключением осевых частей зон прогибания. Внешний прогиб в силуре сохранился с накоплением преимущественно пород карбонатных формаций.

В это время и далее в турне во внешнем прогибе слагаются породы терригенно-карбонатной формации, а по склонам поднятий (Центральный Урал и др.) терригенные и терригенно-кремнистые формации. Интрузии в этот период были сведены к минимуму.

В визейско-намюрское время произошла крупнейшая трансгрессия моря с отложением пород карбонатных формаций, перекрывших породы терригенных формаций Во время позднего карбона активизировались воздымания, складчатость и магматизм. В ранней перми началось новое погружение синклинорных зон и поднятие антиклинорных. В начале триаса в краевом прогибе изливаются базальты.

В конце триаса — начале юры тектоническая деятельность вновь усиливается. В краевом прогибе возникают локальные поднятия, расчленившие его на ряд впадин. Начиная со средней юры на Урале устанавливается режим завершенной складчатости. Восточная и южная части Урала стали испытывать неуклонное медленное погружение. Западная же часть продолжала дифференцированно подниматься. В синклинориях местами образуются межгорные впадины. В меловое время денудация преобладала над поднятиями. В кайнозое поднятия активизируются и особое значение приобретают сводово-блоковые поднятия. В среднечетвертичное время эти поднятия в пределах Центрально-Уральской зоны с амплитудой до 1000 м (на севере) сопровождаются пологими надвигами. В настоящее время Урал продолжает подниматься блоками по разломам.

Климат Уральских регионов резко континентальный (суровая холодная зима и жаркое лето), в северной части с холодным и прохладным летом. Среднегодовая температура изменяется по широте от минус 5—6°С на севере до +4°С на юге. Амплитуда колебаний температур на Урале достигает 90°С, опускаясь зимой ниже —50°С и поднимаясь летом выше +40°. Колебания температур обусловливают изменения продолжительности ледяного покрова на реках от 3 до 6 месяцев.

Ветры на Урале преобладают юго-западные, а в южной части юго-восточные. Зимой сила ветра достигает небольших величин.

Количество осадков в Предуралье (вблизи холмистых предгорий Урала) значительно больше, чем за Уралом в Западно-Сибирской низменности. Наибольшая сумма осадков выпадает на юге. Количество осадков на Урале с высотой местности, как правило, увеличивается. Так, годовая сумма их на Северном Урале достигает 1000 мм, а в пределах Пермской области колеблется от 450 до 800 мм, в Свердловской области она составляет 350—500 мм, а в Челябинской — 300—500 мм. Продолжительность снегового покрова 180—140 дней, а мощность его 120—140 см.

Гидрография. Вся речная система Урала принадлежит бассейнам трех крупных рек: на западном склоне — бассейну Камы с Волгой, на восточном — бассейну Тобола, Оби, а на южном — бассейну Урала. Густота речной сети на Среднем Урале колеблется от 0,16 до 0,36 км/км^2, при этом наибольшая густота соответствует горной части Урала. Средние скорости течения рек Урала в период межени в горных районах колеблются в пределах 0,2—0,6 м/с, а на равнинах понижаются до 0,1—0,2 м/с. В период половодья средние скорости горных рек равны 1,0—1,75 м/с, а равнинных — 0,6—1,0 м/с. Реки Урала имеют смешанное питание с преобладанием снегового. Модули стока их изменяются от 2 до 30 л/с·км^2.

Растительность и почвы Урала в соответствии с климатической зональностью изменяют свой характер с севера на юг. Поч-

венный покров характеризуется сменой поясов от горно-тундрового в северной части до горно-подзолистого в южной.

Регион 31. Новоземельско-Вайгачский антиклинорий и Пай-Хой. Данный регион входит в Новоземельскую геосинклинальную складчатую систему, которая представляет собой дугу, выпуклую на запад. Северная часть Пай-Хойского антиклинория включает о. Вайгач и южную оконечность Новой Земли. Регион образован несколькими крупными складками северо-западного простирания, а многочисленные мелкие складки и разломы осложняют его структуру. Кармакульский синклинорий, разделяющий Пай-Хойский и Новоземельский антиклинории, смят в многочисленные мелкие складки почти меридионального простирания.

В геоморфологическом отношении регион делится на две области: 1) среднегорье с ледниками северной части Новой Земли и 2) холмистая равнина и низкогорье южной части островов Новая Земля, Вайгач и Пай-Хой.

Область среднегорья с ледниками северной части Новой Земли имеет изрезанную ледниками и текучими водами выровненную поверхность. Речная сеть развита слабо, реки питаются за счет ледников. Вдоль северо-западного берега расположен хр. Ломоносова с высотами 1000—1100 м. Наиболее высокая гора Бледная достигает 1052 г. Прибрежная равнина развита слабо.

Область сложена терригенно-карбонатными породами. Развит термокарст, солифлюкция, пучение.

Область холмистой равнины и низкогорья южной части островов Новая Земля, Вайгач и Пай-Хой представляет собой холмистую равнину с многочисленными озерами ледникового происхождения.

Западный и южный берега сильно изрезаны широкими заболоченными долинами. Вдоль восточного берега широкой полосой тянется прибрежная равнина. На островах Новая Земля и Вайгач четко выражены морские террасы высотой до 400 м. Древние террасы относятся к позднеледниковому времени, более молодые — к послеледниковому. В настоящее время происходит поднятие островов. Характер рельефа обусловлен сочетанием действия тектонических и денудационных факторов. В области распространена многолетняя мерзлота и связаиные с ней солифлюкционные процессы, пучение и заболоченность. Мощность деятельного слоя колеблется от 0—0,8 до 2,2 м.

В регионе преимущественно развиты четвертичные морские и ледниково-морские отложения, распространенные по берегам островов Новая Земля и Вайгач.

Морские отложения представлены комплексом песков, супесей и суглинков с галькой, относятся к группе песчаных пород со связными.

Ледниково-морские отложения представлены комплексом суглинков с галькой и валуиами и крупными линзами песчано-гравелистых пород. Они относятся к группе связных пород с песчаными и обломочными.

В регионе распространены дочетвертичные породы терригенной, терригенно-карбонатной и метаморфической формаций.

Породы *терригенной формации* пермского возраста широко развиты в южной половине Новой Земли. Они представлены комплексом глинистых сланцев, песчаников и алевролитов с прослоями известняков и конгломератов и относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород с пластичными. Породы содержат по трещинам лед. Развито пучение, термокарст, солифлюкция.

Породы *терригенно-карбонатной формации* каменноугольного, девонского и силурийского возраста представлены комплексом песчаников, реже сланцев, известняков, доломитов и относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород. Развиты трещиноватость, термокарст, курумы.

Породы *метаморфической формации* кембрийского возраста слагают ядро Новоземельского антиклинория. Они распространены на острове Новая Земля в районе пролива Карские Ворота. Это комплекс черных филлитов, алевролито-глинистых и карбонатно-глинистых сланцев, относящихся к инженерно-геологической группе скальных пород.

Инженерно-геологические условия региона Новоземельско-Вайгачского антиклинория и хребта Пай-Хой определяются условиями рельефа, при которых сочетаются отдельные гребни высотой от 10—15 до 100—150 м, со слабоволнистыми равнинами. Долины покрыты болотами. Повсеместно распространена многолетняя мерзлота с широким развитием солифлюкционных процессов и снежных лавин.

Регион 32. Уральская складчатая система. Горный Урал в тектоническом отношении представляет собой геосинклинальную структуру, осложненную чередованием антиклинориев, ориентированных в меридиональном направлении.

В настоящее время Горный Урал состоит из Уральского хребта и Мугоджар. С запада на восток Горный Урал включает следующие структурно-фациальные зоны: Западно-Уральскую краевую зону складчатости с включением горст-антиклинориев, Центрально-Уральскую антиклинальную зону — Уралтау, Тагило-Магнитогорскую синклинальную зону, Восточно-Уральскую антиклинальную зону. Характерно для западной зоны развитие слабо метаморфизованных осадочных пород, среди которых развиты конгломераты, песчаники, известняки, а для восточной зоны — развитие магматических и древних метаморфических пород.

В средней и верхней частях протерозойского этажа преобладают метаморфические породы — графитистые филлиты, кварцитовые сланцы, а в подчиненном положении находятся кварциты, амфиболиты и мраморы.

Палеозойский этаж на западном склоне сложен исключительно осадочными породами, преимущественно терригенными и карбонатными.

На восточном склоне этот разрез более сложен и разнообразен. В нижней части преобладают терригенные и туфогенные породы (кембрий, низы силура).

Средняя часть этажа, начиная от верхнего силура до среднего девона включительно, представлена преимущественно вулканогенными породами. В верхней части от верхнего девона до перми преобладают осадочные породы, наряду с которыми развиты интрузивные образования.

Нижнемезозойский этап охватывает комплекс пород, размещенных в узких, но глубоких меридиональных депрессиях восточного склона Урала. Нижняя часть депрессий выполнена основными и реже кислыми вулканогенными породами. Верхняя же часть сложена терригенными угленосными отложениями.

В регионе мегантиклинория Уралтау можно выделить широтно остаточные горы: западного склона Урала, осевой части Урала, восточного склона Урала и пенеплен восточного склона Урала.

Область остаточных гор западного склона Урала имеет холмисто-увалистый рельеф, где невысокие гряды и холмы чередуются с ложбинами субмеридионального простирания. Превышение

высот в среднем составляет 200—250 м. Долины рек широкие с пологими склонами. Область сложена карбонатными, терригенными и метаморфическими породами мощностью до 6—7 км. Четвертичные отложения имеют прерывистый характер, их мощность изменяется от 0 до 20 м у подножия склонов и в долинах рек.

Широко развиты карстовые процессы, осыпи, выветривание с образованием мощной глинисто-обломочной коры.

Область остаточных гор осевой части Урала характеризуется среднегорным сглаженным рельефом, разделенным межгорными долинами. Амплитуда высот составляет 500—600 м. В южной части наблюдаются каньонообразные долины. Область слагается преимущественно метаморфическими, терригенными и в меньшей степени карбонатными, вулканогенными и интрузивными породами. Склоны перекрыты песчано-глинистыми элювиально-делювиальными отложениями с присутствием грубообломочного материала. Развиты осыпи и выветривание.

Область остаточных гор восточного склона Урала представляет собой вытянутые почти меридионально гряды с сильно сглаженными вершинами, пологими выпуклыми склонами, покрытыми делювиально-элювиальными отложениями. Долины вогнутые, нередко каньонообразные. Преобладающее развитие в области имеют вулканогенно-осадочные и метаморфические породы, прорванные интрузиями. Депрессии выполнены песчано-глинистыми и песчано-гравийными отложениями. Широко распространены элювиальные образования, особенно мощные на метаморфических породах, которым свойственно пучение.

Развито в области также выветривание, осыпи и обвалы.

Области пенеплена восточного склона Урала представляют плоскую, слегка всхолмленную равнину с очень пологими склонами, речные долины широкие и реже каньонообразные (на участках развития карбонатных и вулканогенных пород). Преобладающее развитие в области имеют терригенные вулканогенные и метаморфические породы, прорванные интрузиями. Элювиальные отложения максимальной мощности развиты на метаморфических породах. Развито выветривание, на отдельных участках карст, по долинам рек — оползни.

Вершины хребтов плоские, у отдельных гор куполовидные с более или менее мягкими очертаниями склонов. Горы носят следы обработки и расчленения ледником.

В физико-географическом отношении Урал подразделяется на: Полярный — от хр. Минсей с вершиной Константинов Камень до горы Народной на широте 65°; Северный — до широты 60°; Средний — от широты 60° до широты 55° и южный — от широты 55° до южного окончания Мугоджарских гор на широте 48°.

На Полярном и Северном Урале распространены селевые процессы, многолетняя мерзлота, солифлюкация, снежные лавины и карст. Молодые карстовые формы встречаются на высоких эрозионных террасах, наиболее молодые формы приурочены к днищам долин.

На Среднем и Южном Урале широко распространены современные карстовые процессы, а также активные каменные потоки, осыпи и обвалы. В Магнитогорском синклинории можно отметить грязевой сопочный вулканизм.

Как отмечалось выше, для Урала типично господство низко- и среднегорного рельефа. Здесь особенно распространены генетические типы ледниковых, аллювиальных, элювиально-делювиальных отложений. Среди дочетвертичных образований наиболее широко развиты породы терригенной, терригенно-карбонатной, карбонатной, вулканогенно-осадоч-

ной, метаморфической, вулканогенной, интрузивной и в меньшей мере соленосной и молассовой формаций.

Мощность четвертичных отложений колеблется в широких пределах: от первых десятков сантиметров на высоких гребнях, в зоне выветривания пород, выходящих на дневную поверхность, до 15—20 м и более — у подножия склонов и в долинах рек.

Ледниковые отложения, которые представлены комплексом суглинков с включением гальки и валунов, относятся к инженерно-геологической группе связных пород с включением обломочных. В комплексах преобладают суглинки тяжелые и средние, содержащие до 15—20% гравия с галькой и валуны. Размер валунов не превышает 12—15 см. Характерным для строения этой толщи является наличие в ней песчаных линзообразных прослоев. Мощность комплекса изменяется от 1—3 до 15—25 м. Физико-механические свойства пород характеризуются естественной влажностью, изменяющейся в пределах 7—20%. Объемная масса суглинков при естественной влажности равна 1,99—2,15 г/см^3, а скелета грунта 1,62—2,14 г/см^3; плотность составляет 2,67—2,72 г/см^3. Верхний предел пластичности колеблется от 18 до 37; нижний — от 11 до 24. Число пластичности 7—13. Пористость пород изменяется в пределах 21—44% и с глубиной обычно уменьшается. В естественных условиях крутизна и высота склонов зависит от влажности пород. В сухом состоянии эти породы могут держать вертикальные откосы. Суглинистые породы слабо водопроницаемые и коэффициент фильтрации у них не превышает 0,1—0,24 м/сут.

Водоносность обычно приурочена к линзам и прослоям песков, которые встречаются в толще моренных суглинков на глубинах 5—20 м, наблюдаются местные напоры. Подземные воды обладают гидрокарбонатной агрессивностью.

Аллювиальные отложения, развитые по речным долинам, достигают мощности 20 м. В русле и террасах отложения представлены комплексами песчано-галечниковых и глинисто-торфянистых пород. Обводненность повсеместная с глубиной на пойме до 1—2 м, на террасах до 5 м. Подземные воды обладают общекислотной агрессивностью.

Элювиально-делювиальные отложения широко развиты на Урале, перекрывая водоразделы и склоны речных долин чехлом средней мощности от 3 до 15 м. Данный комплекс представлен в зависимости от состава материнских пород комплексами от грубых обломков и дресвы до суглинков и глин со щебнем. Для суглинистых разностей угол внутреннего трения равен 15—18°, коэффициент сжатия $2 \cdot 10^{-7}$—$4 \cdot 10^{-7}$ м^2/н, давление до $3 \cdot 10^5$ н/м^2. Элювий на метаморфических породах достигает мощности 15—20 м. Глинистый элювий имеет склонность к пучению и обусловливает неравномерную осадку зданий.

На восточном склоне Урала широко развиты лёссовидные суглинки. Подземные воды встречаются в них на глубине до 10 м, а верховодка до 3 м. Воды пресные, неагрессивные. Возможны просадочные явления. Породы дочетвертичных формаций в целом значительно преобладают в своем распространении по сравнению с четвертичными образованиями.

Породы *молассовой формации* сложены песчаниково-аргиллитово-алевролитовыми и песчаниково-алевролито-глинистыми отложениями, относящимися соответственно к пермскому и триасовому возрасту. В южной части региона развит пермский песчаниково-аргиллито-алевролитовый комплекс. Отложения обоих комплексов относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород. Выходы их наблюдаются на гряде Чернышева.

Породы *соленосной формации* представлены комплексом, сложенным известняками, песчаниками, глинами, доломитами, гипсами, каменной солью кунгурского яруса нижней перми.

Значительное развитие в составе комплекса получают гипсы и ангидриты. С отложениями данного комплекса связаны крупные месторождения каменной соли. Комплекс пород относится к инженерно-геологической группе полускальных пород. Выходы отложений наблюдаются на весьма ограниченных участках. Подземные воды трещинные и трещинно-карстовые, обладают выщелачивающей агрессивностью.

Породы *терригенной формации*, развитые в регионе, представлены в основном континентальными комплексами аргиллитов и алевролитов, включающих угленосные образования. По возрасту они охватывают период от триаса до палеогена Породы мезозойских комплексов относятся к инженерно-геологической группе полускальных. Песчаники кварцевые обладают прочностью $226 \cdot 10^6$—$320 \cdot 10^6$ н/м², а полимиктовые $131{,}2 \cdot 10^6$—$200 \cdot 10^6$ н/м². На восточном склоне развиты комплексы полимиктовых песчаников прочностью до $260 \cdot 10^6$ н/м². Все эти породы относятся к инженерно-геологической группе скальных пород.

В районе Мугоджар породы триаса представлены пестроцветными глинами и песками с галечниками и конгломератами мощностью более 400 м. Юрские континентальные отложения, широко развитые в Орской депрессии, слагаются чередованием глин, глинистых песков, аргиллитов, бурых углей общей мощностью до 400 м.

Меловые отложения альб-сеноманского возраста протягиваются полосой вдоль западного подножия Мугоджар, где они представлены песками, песчаниками, песчанистыми глинами и алевролитами мощностью 25—75 м. Верхнемеловые отложения слагают возвышенные участки водоразделов и представлены известковистыми глинами, глауконитовыми песками с прослоями фосфоритового галечника общей мощностью не более 60 м.

Палеогеновые отложения, вытянутые вдоль западного подножия Мугоджар, представлены континентальными песчаниками и конгломератами.

Породы *терригенно-карбонатной формации* распространены большей частью на западном склоне Урала и относятся к нижнему карбону, девону, силуру и ордовику. Комплексы пород состоят из полимиктовых и аркозовых песчаников, известняков, углисто-глинистых и кремнистых сланцев, по своим свойствам относящихся к инженерно-геологической группе полускальных пород.

Физико-механические свойства визейских известняков: объемная масса 2,67 г/см³, плотность 2,70 г/см³; пористость — 1,07%; предел прочности на сжатие в сухом состоянии — $12{,}62 \cdot 10^5$ н/м². Карстовые явления в известняках развиты слабо благодаря относительно неглубокому эрозионному врезу рек (40—80 м) и наличию сплошного плаща водоупорных суглинистых и глинистых четвертичных отложений.

Породы *карбонатной формации* широко распространены в западной половине Горного Урала. Комплексы данной формации, включающие породы от кембрийского до среднепалеозойского возраста, представлены крепкими известняками и доломитами. Предел прочности этих пород $34 \cdot 10^6$—$250 \cdot 10^6$ н/м². Породы морозоустойчивые. Подземные воды, как правило, залегают глубоко в соответствии с амплитудой вреза речных долин, дренирующих эти воды, и обладают выщелачивающей агрессивностью.

Карстовые явления слабо проявляются в Горном Урале, в Кизиловском районе. Они обнаружены местами на глубине 870 м. Наиболее закарстованы известняки серпуховского и окского ярусов карбона. На

восточном склоне Урала карст развит слабо. Карстовые воронки обычно встречаются на склонах водоразделов около линий тектонических разломов и контактов пород угленосной толщи с визейскими известняками.

Физико-механические свойства известняков и доломитов Архиповского месторождения из района г. Гусового характеризуются следующими показателями: объемная масса 2,67 г/см^3; плотность 2,71 г/см^3; пористость 1,48%, водопоглощаемость 0,76%; предел прочности на сжатие в сухом состоянии $1873 \cdot 10^5$ н/м^2, то же в водонасыщенном состоянии $1681 \cdot 10^5$ н/м^2.

Визейские известняки Синарского месторождения г. Каменск-Уральского характеризуются следующими средними значениями показателей их свойств: объемная масса 2,67 г/см^3; плотность 2,70 г/см^3; пористость 1,07%; предел прочности на сжатие в сухом состоянии $1262 \cdot 10^5$ н/м^2.

Породы *вулканогенно-осадочной формации* представлены комплексами туфов, диабазов, глинистых сланцев, известняков и доломитов, которые охватывают период от ордовика до перми. Наиболее широко распространена эта формация на восточном склоне Урала. Подземные воды залегают в трещиноватой зоне, на глубинах более 10 м и обладают гидрокарбонатной агрессивностью.

Породы *метаморфической формации* широко развиты на юго-западном, центральном и восточном Урале. В его южной части они представлены комплексами гнейсов, амфиболитов, кварцитов и сланцев. В осевой части остаточных гор Урала развиты сходные комплексы пород. В остаточных горах восточного склона Урала развиты комплексы сланцев хлоритовых, хлоритово-тальковых, серицитовых и амфиболитовых. Механическая прочность метаморфических сланцев невысокая, сопротивление сжатию 10^7—$2 \cdot 10^7$ н/м^2. Сланцы склонны к пучению при промерзании. Подземные выработки деформируются. Развиты осыпи. Толща практически водоупорна.

Породы *вулканогенной формации* преимущественно распространены в районе остаточных гор восточного склона Урала, где представлены комплексами туфопорфиритов, туфопесчаников, туфоконгломератов, туфобрекчий нижнего и среднего палеозоя. Комплексы относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Породы морозоустойчивые.

Породы *интрузивной формации* развиты также преимущественно на восточном склоне Урала. Здесь они представлены комплексами габбро-перидотитового состава, образующими вершины гор Коншаков Камень 1569 м, Косьвинский Камень 1519 м и др.

Прочность перидотитов $1006 \cdot 10^6$—$3249 \cdot 10^6$ н/м^2, а габбро $1455 \cdot 10^5$—$4100 \cdot 10^5$ н/м^2. Морозоустойчивость высокая. Комплексы входят в инженерно-геологическую группу скальных пород.

По данным изучения пород интрузивных формаций выявлены следующие показатели свойств Баженовского месторождения хризотил-асбеста: диориты — объемная масса 2,79 г/см^3; плотность 2,68 г/см^3; пористость 3,0%; водопоглощение 0,18%; предел прочности на сжатие в сухом состоянии $3060 \cdot 10^5$ н/м^2, то же в водонасыщенном состоянии $2830 \cdot 10^5$ н/м^2, сопротивление срезу $230 \cdot 10^5$ н/м^2, сопротивление растяжению $131 \cdot 10^5$ н/м^2.

Физико-механические свойства перидотитов — объемная масса 2,79 г/см^3, плотность 2,85 г/см^3, пористость 2,23%, водопоглощение 0,22%, предел прочности на сжатие в сухом состоянии $2431 \cdot 10^5$ н/м^2, то же в водонасыщенном состоянии $2120 \cdot 10^5$ н/м^2.

На основании испытаний свойств гранодиоритов из Смоленского месторождения района г. Челябинска получены следующие показатели: объемная масса 2,68 г/см^3, плотность 2,70 г/см^3, пористость 1,72%, во-

допоглощение 0,30%, предел прочности на сжатие в сухом состоянии $1808 \cdot 10^5$ н/м^2.

Подземные воды в породах интрузивной формации залегают в зоне открытой трещиноватости на глубинах 30—50 м. Воды пресные, неагрессивные.

Инженерно-геологические условия Уральской складчатой системы определяются средне- и низкогорным, снивелированным рельефом, преобладающим развитием пород карбонатных, терригенных, метаморфических, эффузивных и интрузивных формаций, перекрытых почти сплошным чехлом четвертичных пород элювиально-делювиального, аллювиального и ледникового генезиса.

Глубокое интенсивное эрозионное расчленение рельефа, а также развитие процессов карста, эрозии, каменных россыпей, солифлюкции и заболоченности обусловили наряду с труднодоступными для освоения территориями наличие обширных площадей, доступных для любого строительства.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Уральских регионов

Урал — древняя страна, сформировавшаяся в основном в конце триаса. В настоящее время она преобразуется под воздействием неотектоники, денудации и аккумуляции. Здесь благодаря господствующему меридиональному простиранию сформировалась широтная смена различных по составу формаций горных пород: карбонатных и терригенных на западе, метаморфических и интрузивных на востоке. На севере территории получили развитие четвертичные отложения, преимущественно морского и ледникового генезиса, а южнее делювиального.

Перечисленные породы слагают сденудированный среднегорный и низкогорный рельеф в виде меридионально вытянутых гряд, чередующихся с выровненными поверхностями, с четкой широтной сменой геологических формаций, создающих типичную картину геологического строения Урала.

На севере Среднего Урала локально развит высокогорный рельеф с отдельными вершинами, достигающими высоты более 2500 м. В пределах региона сформировались условия для проявления современных геологических процессов, из которых кроме процессов выветривания, наиболее характерны для севера — каменные россыпи, курумы, пучение, солифлюкция, заболоченность, а для юга — эрозия.

В пределах Полярного Урала повсеместно распространена многолетняя мерзлота и связанные с ней солифлюкционные процессы. К среднему и южному Уралу приурочены развитие карстовых процессов, осыпи, обвалы, каменные потоки.

Гидрогеологические условия Урала характеризуются преимущественным распространением трещинно-карстовых и трещинно-пластовых пресных подземных вод, обладающих общекислотной агрессией в породах терригенных и карбонатных формаций, а также массивно-трещинных и жильных вод в метаморфических и магматических породах.

И. РЕГИОНЫ ТАЙМЫРСКИЕ

Данные регионы включают Североземельскую и Таймырскую складчатые области с формами рельефа доюрского возраста. В структуре регионов выделяется фундамент архейского возраста, на котором в последующем дважды возникал геосинклинальный режим, сменившийся после завершения складчатых процессов в юре и мелу орогенным режимом.

К началу палеогена и до его конца регионы представляли собой невысокую горную гряду В неогене возникли местные, небольшие нисходящие движения, особенно в районе Северой Земли, но в целом орогенный режим сохранился в течение всего неоген-четвертичного времени. В настоящий момент регионы продолжают испытывать слабые поднятия

Климат регионов — арктический, морской. Продолжительность лета в период положительных температур воздуха изменяется от нескольких дней на севере региона до 70—80 дней на побережье Таймырского полуострова. Средняя температура июля изменяется от +1, +2° на севере до +8° на юге. В зимний период понижение среднемесячных температур наблюдается по мере продвижения с запада на восток от —24 до —30° (январь).

Характер ветров неодинаков в различных частях регионов. Так, в районе Енисейского залива преобладают ветры западного, юго-западного и южного направлений со средней скоростью 7—9 м/с, а на востоке Таймыра господствуют ветры восточных румбов со средней скоростью 5—6 м/с. Годовое количество осадков не превышает 200—300 мм, причем 20—40% выпадает в зимнее время.

Гидрография. Крупными реками данного региона являются реки Пясина и Нижняя Таймыра. В большинстве случаев реки носят горный характер, отличаются большой скоростью течения и обилием порогов. Часть рек протекает в ледниковых долинах.

Регион 33. Складчатая зона Северной Земли и Таймыра. В структурном отношении Таймыро-Североземельская складчатая область представляет собой крупное, смятое в складки поднятие типа антиклинория, в строении которого выделяются четыре структурных этажа: архей-протерозойский, верхнепротерозойский, палеозойский и палео-мезозойский.

В пределах региона выделяются четыре геоморфологические области: возвышенностей, низкогорья и среднегорья Таймыра; озерно-ледниковых и ледниковых равнин; платообразных возвышенностей с современным оледенением; прибрежно-морской равнины.

Рельеф Таймырской горной страны и острова Северная Земля сформировался под влиянием следующих трех основных факторов: молодых тектонических поднятий и погружений, воздействия процессов, связанных с ледниковой деятельностью, и, наконец, абразионной и аккумулятивной деятельности моря.

Область возвышенностей, низкогорья и среднегорья Таймыра абсолютные отметки 400—500 м, к востоку до 800—900 м, а отдельные вершины до 1100—1200 м. К северу высота горных цепей постепенно снижается, уступая место холмисто-грядовому рельефу с отметками 200—400 м. Сильное воздействие на выработку рельефа оказали ледники. Развиты метаморфические, вулканогенно-осадочные и интрузивные породы.

В области озерно-ледниковых и ледниковых равнин выделяются: Тарейская, Пясино-Фаддеевская и Ленинградская впадины. Для области характерен холмисто-увалистый рельеф. Развиты озерно-аллювиальные и гляциальные отложения, которые насыщены льдом.

Область платообразных возвышенностей с современным оледенением широко развита на крупных островах Североземельского архипелага. Отдельные ледниковые купола имеют максимальные отметки до 600—800 м. Платообразные возвышенности выходят из-под покрова льда либо круто обрываются к морю, или, постепенно снижаясь, переходят в прибрежную морскую равнину.

Область прибрежно-морской равнины прерывистой полосой окаймляет Таймырский полуостров и острова Северная Земля.

Поверхность равнины террасирована с отметкой террас от 20 до 100 м.

Берега прибрежно-морской равнины имеют абразионный и абразионно-аккумулятивный рельеф, высота берегового уступа колеблется от нескольких до десятков метров.

В регионе распространены: геолого-генетические комплексы морских, ледниковых и озерно-аллювиальных отложений, терригенные (красноцветные), терригенно-карбонатные, карбонатные, вулканогенно-осадочные, метаморфические, эффузивные и интрузивные формации.

Морские современные отложения слагают низкие террасы, обширные пляжи, многочисленные косы и пересыпи. Они состоят из комплекса песков с правийно-галечным материалом мощностью 3—5 м, в отдельных случаях достигая 6—10 м. По составу отложения отнесены к инженерно-геологической группе песчаных пород.

Моренные отложения представлены комплексом валунных суглинков, которые развиты прерывистым покровом, достигая местами мощности 60 м. По своим свойствам они относятся к инженерно-геологической группе связных пород с обломочными

Озерно-аллювиальные отложения представлены комплексом суглинков, супесей, песков, иногда галечников. Мощность их колеблется от 5—8 до 20—30 м. Комплекс отнесен к инженерно-геологической группе связных пород с песчаными. Отложения насыщены льдом.

Породы *терригенной формации* представлены комплексами средне-верхнепротерозойского, кембрийского, пермского и триасового возраста. Они в основном слагаются глинистыми сланцами и песчаниками, алевритами, углисто-глинистыми сланцами с прослоями каменного угля (пермь). Комплексы отнесены к инженерно-геологической группе скальных пород.

Комплекс лагунно-континентальных отложений девона терригенной (красноцветной) формации представлен красными песчаниками, конгломератами, мергелями с прослоями гипса мощностью до 10—12 м.

Породы *терригенно-карбонатной формации* включают два геолого-генетических комплекса кембрий-каменноугольный и ордовикский. Комплексы слагаются песчанистыми и глинистыми известняками и доломитами. Подчиненное положение занимают глинистые и известково-глинистые сланцы, алевролиты. Породы относятся к инженерно-геологической группе скальных пород с полускальными.

Породы *метаморфической формации* представлены комплексом разнообразных крупнозернистых плагиогнейсов, широко развитых на Западном Таймыре. Плагиогнейсы смяты в мелкие изоклинальные складки с весьма крутыми, иногда почти вертикальными крыльями. Они прорваны многочисленными интрузиями гранитоидов и разбиты крупными разломами преимущественно северо-восточного простирания.

Породы *эффузивной формации* представлены комплексом базальтов, реже андезито-базальтов и занимают преимущественно большую площадь к северу от Таймыра Мощность покровов колеблется от нескольких метров до 40—50 м

Породы *интрузивной формации* выражены гранитоидами докембрийского и палеозойского возраста. Преобладающими являются гнейсовидные гранитоиды, а также метаморфизованные граниты. Породы обладают высокой прочностью и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород.

Породы *карбонатной формации* представлены комплексами доломитов и известняков ордовика общей мощностью 1500 м. Комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе скальных пород. Развит карст. Карстовые пещеры заполнены льдом.

Породы *вулканогенно-осадочной формации* представлены комплексом переслаивающихся покровов базальтов, их туфов, песчаников, алевролитов и глинистых сланцев верхнепермского и нижнетриасового возраста. Мощность вулканогенно-осадочной толщи колеблется от 100—150 до 800—1000 м.

Наиболее благоприятной для освоения является область прибрежно-морской равнины. При инженерно-геологических исследованиях следует обратить особое внимание на динамику деятельного слоя, движение надмерзлотных вод, температурный режим постоянно-мерзлых пород, выявление горизонтов ископаемых льдов и торфяников в озерно-аллювиальных отложениях и изучение трещиноватости дочетвертичных пород.

В основном территория региона представлена скальными и полускальными породами, перекрытыми ледниковыми и озерно-аллювиальными отложениями незначительной мощности (1,50—2 м).

Современные геологические процессы и инженерные свойства пород определяются их многолетнемерзлым состоянием, мощность которых составляет 300—450 м. При промерзании деятельного слоя связных пород наблюдаются явления пучения и солифлюкции.

При строительстве следует учитывать заболоченность равнинных территорий, пучение, глинистость пород и явления солифлюкции на склонах.

Инженерно-геологические условия Таймырского региона определяются сочетанием равнинного и среднегорного рельефа, распространением скальных и полускальных метаморфических, интрузивных, терригенных и карбонатных пород, перекрытых ледниковыми и озерно-аллювиальными отложениями. Широко развита мощная многолетняя мерзлота. Породы находятся в мерзлом состоянии. Современные геологические процессы связаны с мерзлотой; главнейшие из них — пучение, солифлюкция, термокарст и талики.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Таймырских регионов

В соответствие с историей геологического развития данного региона закономерности формирования инженерно-геологических условий отразились в современном облике и строении данной территории в связи с расположением его в зоне многолетнемерзлых пород. Основная направленность этих закономерностей была определена преобладанием положительных движений с мезозоя по настоящее время, благодаря чему сформировалась приподнятая горная складчатая система с отметками 1100 м, сложенная породами терригенной, карбонатной, метаморфической, эффузивной, вулканогенно-осадочной и интрузивной формаций. Мощным дополнительным фактором закономерностей формирования инженерно-геологических условий региона явилось воздействие материкового оледенения и развитие многолетнемерзлых пород, вследствие чего наряду с перечисленными формациями значительную роль в строении верхней части региона играют ледниковые отложения, перекрывающие дочетвертичные породы широким, но прерывистым чехлом, доходящим по мощности местами до 60 м.

Сформировавшийся покров четвертичных отложений, играющих в строении (особенно северо-западной части Таймыра) значительную роль, представлен комплексом рыхлых глинисто-обломочных пород морского, ледникового, солифлюкционного, делювиального и аллювиального генезиса, находящихся в промороженном состоянии с включением в ряде случаев линз льда. На Северной Земле широко развиты

ледники и солифлюкционный глинистый тип четвертичных отложений.

Геоморфологический облик региона в настоящей стадии его характеризуется распространением плоскоувалистых денудационных пенепленов на складчатом и древнекристаллическом основании с холмисто-ледниковыми и ледниково-морскими аккумулятивными равнинами. Максимальная высота рельефа 1145 м.

Гидрогеологические условия тесно связаны с распространением многолетнемерзлых пород. В регионе совсем не изучены современные геологические процессы, но следует полагать, что в нем развит весь комплекс явлений, связанных с распространением многолетнемерзлых пород, т. е. солифлюкция, термокарст, пучение и т. п. Сформировавшиеся в регионе современные климатические условия характеризуются избыточно-влажным климатом с очень холодным летом и умеренно суровой малоснежной зимой с температурой января —30° и июля +2°. Высота снежного покрова достигает 0,5 м, снег держится 260 дней.

В целом инженерно-геологические условия региона сложные и мало изученные.

К. РЕГИОНЫ КАЗАХСТАНСКИЕ

Регионы располагаются между горными сооружениями Урала, Алтая и среднего Тянь-Шаня, отделяясь от них глубинными разломами. К северу регионы погружаются под покров Обской койлогенной области.

Структурный план регионов подразделяется на внешнюю (каледонскую) и внутреннюю (герцинскую) складчатость. Первая характеризуется выступами древнего фундамента и складчатыми структурами доинверсионного развития геосинклинали в раннем палеозое и начале среднего палеозоя. Эта зона обрамляет срединный массив, разбитый на ряд блоков.

Другая серия глубинных разломов выкроила во внутреннем срединном массиве опустившийся крупный Каркалинско-Балхашский блок, в пределах которого начиная с ордовика и вплоть до раннего мезозоя развивалась Джунгаро-Балхашская геосинклинальная система.

История геологического развития Казахстанской складчатой области начинается в докембрийский период, когда формировались наиболее ранние геосинклинальные прогибы, превратившиеся к началу палеозоя в систему складчатых сооружений. В это время образовались Ишим-Улутауский и Бетпакдалинско-Чу-Илийский антиклинорий, обрамляющие складчатые системы. Кроме того, сформировались синклинории и древний Центрально-Казахстанский срединный массив.

К концу позднего докембрия во внешней зоне обособились на западе и на северо-востоке и востоке редкие прогибы, в которых активно проявлялся наземный и глубинный магматизм

В позднем ордовике в Ишим-Улутауской системе, Восточно-Кокчетавском прогибе и в раннем девоне во всей внешней зоне произошла инверсия и наступила стадия геосинклинального развития, сопровождавшаяся внедрением гранодиоритов. В это время и в Центральной зоне Казахстанской области началось формирование Джунгаро-Балхашской геосинклинальной системы.

Постгеосинклинальный период развития складчатой области, на первом этапе закончившийся в поздней юре, характеризуется дальнейшим накоплением осадков в Чу-Сарысуйском, Илийском и Алакульском прогибах — останцовая часть территории складчатой области находилась в стадии континентального существования с развитием мощ-

ной коры выветривания. В меловой, палеогеновый и неогеновый этапы развития складчатая область испытывает опускания с возникновением на окраине морского режима, а во второй половине этапа в опускание была вовлечена и Балхаш-Алакульская впадина. В неоген-раннечетвертичное время в южной области активизировались крупные разломы, по которым пенепленизированные сводовые поднятия обособлялись на ряд приподнятых и опущенных блоков с амплитудой вертикальных перемещений до 10 м.

В климатическом отношении с севера на юг Казахстанские регионы захватывают три зоны: степную, полупустынь и пустынь. Климат на севере недостаточно влажный с теплым летом и умеренно суровой малоснежной зимой; на юге он сменяется сухим и теплым летом и умеренно суровой малоснежной зимой.

Температура воздуха в январе изменяется с севера на юг от минус 19° до минус 10° и в июле от плюс 20° до плюс 24°. Снежный покров средний за зиму от 30 до 50 см. Число дней со снегом за зиму 160—100. Снежный покров держится повсеместно. На горах он достигает толщины 3—4 м. Глубина промерзания почвы 0,3—1,5 м. В северных районах преобладают восточные и юго-восточные ветры, в южных западные и северо-западные. Средние скорости 3—5 м/с.

Гидрография. В пределах территории регионов расположены озера: Балхаш, Алакуль, Сасыккуль и др. К этим озерам приурочена речная сеть Или, Каратал, Ак-Су, Лепсы и Аягуз. Питание рек можно подразделить на ледниковое и смешанное. Река Или, наиболее мощная водная артерия Балхашского бассейна, имеет правый приток р. Хоргос и левые Чарын, Чилик, Тангар, Каскелен, Курты и др. Река Или принадлежит к рекам смешанного питания. В связи с этим наблюдаются большие колебания расходов, максимальные достигают 1890 м^3/с, а минимальные 104 м^3/с. По степени минерализации воды горных рек пресные с сухим остатком до 200 мг/л. С выходом на равнину минерализация повышается. Реки используются для орошения. Озеро Балхаш расположено в равнинной части территории. Годовой сток рек в озеро составляет 22 870 млн. м^3 воды. Северные берега возвышенные, холмистые, низкогорные. Озеро Алакуль имеет площадь 2076 км^2. Вода его горько-соленая, только вблизи дельт рек она пресная и пригодна для питья. В Алакуль впадает много мелких рек, стекающих со склонов Джунгарского Алатау. Озеро Сасыккуль (гнилое озеро) расположено западнее оз. Алакуль и отделилось от него сравнительно недавно. Вода озера солоноватая.

Регион 34. Казахстанская складчатая зона. Регион представляет собой геосинклиналь, в которой к началу нижнего палеозоя оформился ряд складчатых систем, располагавшихся главным образом по ее периферии.

Регион представляет в целом область относительно длительного поднятия. Складчатое основание эпипалеозойской платформы залегает очень неглубоко или выходит на поверхность. Для региона характерно проявление древних тектонических движений, где новейшие движения почти не известны или проявляются в форме общего сводового поднятия.

В геоморфологическом отношении в регионе выделяется две области: Казахстанское эрозионно-денудационное низкогорье с пенепленами и область Тенгизской равнины.

Область Казахстанского эрозионно-денудационного низкогорья с пенепленами развита в большинстве случаев на допалеозойской и палеозойской структурах.

Современный рельеф региона представлен мелкосопочником, который характеризует остаточные формы возвышенностей. Горные цепи в результате деятельности денудационных процессов в палеозойское и мезо-кайнозойское время были полностью сглажены.

В настоящее время сохранились лишь невысокие горные гряды, сложенные более устойчивыми породами. Массивы гор расчленены глубокими и узкими долинами с крутыми склонами. Горные хребты с отметками 700—900 м постепенно снижаются в направлении оз. Балхаш. Северные склоны крутые и обрывистые, южные — пологие и широкие.

Улутауские горы к западу постепенно понижаются и переходят в равнину. Наиболее высокие абсолютные отметки этих гор достигают 1140 м. К югу и юго-востоку от гор Улутау поверхность постепенно понижается, переходя в равнину Бетпакдалы.

Денудационные равнины с мелкосопочником расположены в пределах абсолютных высот 420—600 м.

Область слагают вулканогенно-осадочные, метаморфические, интрузивные, терригенно-карбонатные и терригенные породы.

Из современных геологических процессов развиты эрозия, оползни, обвалы, сели, карст и сейсмичность. Трещиноватость и закарстованность характерны для известняков. Глубина распространения трещин и карста в известняках прослеживается иногда до 200 м. Оползни, сели и обвалы получили широкое развитие в предгорных районах, в местах распространения глинистых и суглинистых пород.

Область Тенгизской равнины имеет выровненный рельеф, она сложена озерно-аллювиальными отложениями. В пониженных частях ее происходит отложение солей, в результате чего образуются солончаки и соры. Подземные воды залегают на глубинах 5—10 м и обладают сульфатной агрессивностью.

В регионе Казахстанской складчатой зоны развиты четвертичные отложения делювиально-пролювиального, аллювиального, эолово-делювиального и озерно-аллювиального генезиса.

Делювиально-пролювиальные отложения представлены комплексом дресвяно-щебенистых суглинков и глинами. Они слагают шлейфы и конусы выноса, местами достигая 30 м мощности.

По гранулометрическому составу делювиально-пролювиальные образования отличаются крайней неоднородностью. В них присутствуют фракции от глинистых до крупнообломочных.

Угол внутреннего трения суглинков равен 26°, сцепление $0{,}3 \times 10^5$ н/м^2. Суглинки обнаруживают просадочные свойства со средним коэффициентом относительной просадочности 0,02. Это позволяет отнести их к категории слабопросадочных пород. Плотность суглинков изменяется от 2,7 до 2,8 г/см^3. Среднее значение объемной массы скелета грунтов 1,5 г/см^3 при пористости 43%. Влагоемкость их колеблется от 12 до 28%, средняя 16,7%. Максимальное значение коэффициента фильтрации составляет 0,4 м/сут.

Аллювиальные отложения представлены комплексом песков, гравия и гальки. Угол внутреннего трения для мелкозернистых песков в сухом состоянии равен 26°, под водой 16°; для среднезернистых песков в сухом состоянии — 35°, под водой 32—33°; для гравийных и песчаных отложений в сухом состоянии — 36—37°, под водой 32—34°.

Эолово-делювиальные отложения представлены комплексом лессовидных и плотных суглинков с известковистыми включениями и пылеватых глин верхнеплиоценового — среднечетвертичного возраста. Комплекс слагает водораздельную равнину, подстилаемую неогеновыми глинами павлодарской свиты.

Суглинки и супеси плотные и маловлажные. Угол внутреннего трения равен 21—24°, сцепление — $0,7 \cdot 10^5$—$0,42 \cdot 10^5$ н/м², модуль деформации — $120 \cdot 10^5$—$350 \cdot 10^5$ н/м², объемная масса суглинков — 1,75—2,20 г/см³.

Подземные воды имеют спорадическое распространение и приурочены к маломощным линзам и прослойкам глинистых песков, супесей и суглинков. Уровень подземных вод устанавливается на различных глубинах, встречаются высокоминерализованные и пресные воды, которые обладают сульфатной агрессивностью.

Озерно-аллювиальные отложения нижне- и среднечетвертичного возраста представлены комплексом пылеватых суглинков, супесей, глин и песков. Комплекс относится к инженерно-геологической группе связных пород и распространен в Тенгизской впадине.

Физико-механические свойства суглинков и супесей: естественная влажность суглинков 10,6—18%; супесей 8,4—20,8%; коэффициент насыщения суглинков 0,39—0,7; супесей 0,49—0,71; коэффициент консистенции для суглинков 0,3; для супесей 0,5; коэффициент пористости для суглинков 0,51—0,6; для супесей 0,45—0,8; сцепление для суглинков и супесей $0,21 \cdot 10^5$ н/м²; угол внутреннего трения 23°, допускаемое давление $2,5 \cdot 10^5$ н/м².

Пески крупнозернистые имеют коэффициенты пористости 0,56—0,64; сцепление $0,01 \cdot 10^5$ н/м²; угол внутреннего трения 40°; модуль деформации $400 \cdot 10^5$ н/м²; допускаемое давление на грунт $3,5 \cdot 10^5$ н/м².

Пески гравелистые с содержанием фракции более 2 мм 25,8—26,2% имеют коэффициент пористости 0,55—0,7; угол внутреннего трения 28°, модуль деформации $330 \cdot 10^5$ н/м², допускаемое давление $3,5 \times 10^5$ н/м².

Уровень подземных вод комплекса устанавливается на глубинах 1,4—12,7 м, чаще 2—5 м. Отложения слабоводоносны и часто практически безводны. Дебиты скважин и шурфов обычно менее 0,1 л/с, редко возрастают до 0,5 л/с. Воды по составу пестрые с преобладанием солоноватых и соленых с минерализацией 1,5—5 г/л, обладают сульфатной агрессивностью.

Породы соленосной формации представлены аргиллитами, песками, гипсом и относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород. Комплекс слагает синклинальные складки в окрестностях г. Джезказгана и в других пунктах. В целом толща слабо трещиновата, трещины, как правило, заполнены глинистыми и гипсовыми образованиями. С поверхности до глубины 10 м породы выветрелые до состояния плотных глин.

Комплекс характеризуется распространением трещинных вод с глубиной залегания уровня 5—15 м. Воды повышенной минерализации, слабощелочные и агрессивные.

Из современных геологических процессов широко развито физико-химическое выветривание.

Физико-механические свойства мергелистых пород на участке Маманского гипсоносного карьера в районе Джезказгана следующие: естественная влажность 16,4—21,6%; коэффициент пористости 0,48—0,82; коэффициент водоносности 0,82—0,95; полная влагоемкость 24,8—29,2%; сопротивление сдвигу при коэффициенте пористости $0,8 \cdot 10^5$—$1,52 \cdot 10^5$ н/м², соответственно $3,5 \cdot 10^5$—$4 \cdot 10^5$ н/м².

Породы терригенной формации представлены четырьмя комплексами.

Первый состоит из песчаников, сланцев с прослоями конгломератов, алевролитов, известняков и углей нижнего карбона. Наиболее трещиноваты песчаники, имеющие широкие трещины до нескольких мил-

лиметров. Физико-механические свойства песчаников следующие: объемная масса 257 г/см^3; коэффициент пористости 0,07; временное сопротивление сжатию $13 \cdot 10^7$—$15 \cdot 10^7$ н/м^2.

У аргиллитов естественная влажность колеблется от 12,1 до 21,3%, возрастая с глубиной. Влажность на границе раскатывания 21—25%; коэффициент пористости 0,51—0,6; сцепление $0{,}82 \cdot 10^5$ н/м^2, угол внутреннего трения 18°; модуль деформации $260 \cdot 10^5$ н/м^2. Глубина залегания подземных вод зависит от рельефа и колеблется от 0 до 50 м. Водообильность отложений нижнего карбона обусловливается степенью трещиноватости и закарстованности. Подземные воды обладают выщелачивающей агрессивностью.

Второй комплекс пород средне-верхнедевонского и средне-верхнекаменноугольного возраста состоит из континентальных красноцветных песчаников, конгломератов и аргиллитов с незначительными прослоями эффузивных пород. Трещиноватость развита слабо и проявляется в зоне наиболее интенсивного выветривания до глубины 5—25 м.

Подземные воды залегают в зависимости от рельефа на различной глубине обычно до 25 м. Водообильность пород среднего и верхнего карбона невысокая.

Третий комплекс состоит из плотных гипсоносных глин с прослоями песков павлодарской свиты и каолинизированных аральских глин. Он относится к инженерно-геологической группе пластичных пород, мощность от 2 до 20 см.

Глины пестроцветные тощие имеют число пластичности 19; коэффициент пористости 0,57—0,7; водонасыщение более 0,8%; допускаемое давление $2 \cdot 10^5$ н/м^2.

Глины зеленовато-серые жирные, имеют число пластичности 31—34 и естественную влажность на границе раскатывания 26—28%, коэффициент пористости 0,78—0,8; водонасыщение 0,88—0,92%; допускаемое давление $3 \cdot 10^5$ н/м^2.

Пески неогена по гранулометрическому составу являются среднезернистыми и гравелистыми, мощность их в отдельных линзах достигает 10 м. Содержание гравия в них колеблется от 34 до 64%, песка от 34 до 60%, а на долю пылеватых и глинистых частиц приходится 1—2, реже 5%.

Засоленность и загипсованность глин вызывают пучение, которое проявляется в их расслоении и образовании пухляков на поверхности. Глины в основном подвержены активному выветриванию, а также выщелачиванию водорастворимых солей с образованием просадок.

Глубина залегания подземных вод находится в пределах 1—10 м, чаще не превышает 3—6 м. Водообильность пород в целом слабая. Расходы колодцев изменяются от 0,1 до 0,3 л/с. Общая минерализация вод 1—3 г/л и более. Воды обладают сульфатной агрессивностью по отношению к бетону.

Четвертый комплекс представлен преимущественно песками, гравелитами, опесчаненными глинами и частично алевролитами среднемиоценового — среднеплиоценового возраста. Мощность толщи до 30 м. Породы входят в состав инженерно-геологических групп песчаных уплотненных и песчано-галечниковых с пластичными. Отложения данного комплекса относятся к водопроницаемым, но практически к безводным.

Породы карбонатной формации представлены комплексом известняков крупно- и мелкозернистых с редкими прослоями доломитизированных и битуминозных разностей верхнего девона и нижнего карбона. Суммарная мощность известняков достигает 250 м и более. Наибольшая трещиноватость и закарстованность развита в известняках. Ширина отдельных трещин, прослеживаемых на глубину 100 м, достигает

иногда 5—10 см. Объемная масса известняков равна 2,62—2,65 г/см^3; водопоглощение 0,1—0,7%; временное сопротивление сжатию $758 \cdot 10^5$—$1240 \cdot 10^5$ н/м^2. Известняки мергелистые трещиноватые имеют объемную массу 2,62 г/см^3; водопоглощение 0,37—0,7%. Водообильность известняков высокая Степень обводненности пород по площади весьма различна, что объясняется неодинаковыми условиями питания и неравномерным развитием в них трещиноватости и закарстованности.

Удельные дебиты скважин достигают 5, реже 20 л/с. Наиболее обводнены брахиантиклинали. В синклинальных структурах водообильность гораздо слабее, удельные дебиты скважин колеблются от 0,1 до 1 л/с, а минерализация воды достигает 4—6 г/л. Глубина залегания подземных вод достигает 50 м, но наиболее часто они встречаются в интервале от 5 до 20 м. Коэффициент фильтрации слабо трещиноватых окремнелых известняков равен 1,44—3,46 м/сут. На известняках местами встречается кора выветривания мощностью до 15 м.

Породы метаморфической формации представлены комплексом гнейсов, амфиболитов, порфироидов, сланцев, кварцитов, реже мраморовидных известняков Комплекс включает метаморфизованные породы архея (Улутау), протерозоя (горы Актау), Алатау и Ерементау), кембрия и ордовика (горы Тектумас). Все породы комплекса сильно дислоцированы, часто смяты в изоклинальные складки, вытянуты в северо-западном или меридиональном направлении с углами падения от 50 до 80°. Метаморфические породы выветриваются в меньшей степени, чем граниты. Трещиноватость в них развита на глубину 10—15 м. Породы комплекса обладают высокими несущими свойствами· допустимое давление на скальные породы $5 \cdot 10^5$—$6 \cdot 10^5$ н/м^2, на щебенисто-дресвяные $2{,}5 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^5$ н/м^2. Глубина залегания подземных вод в зоне открытой трещиноватости изменяется от 3 до 50 м и зависит от рельефа местности. Водообильность пород слабая. Воды слабоминерализованные обладают сульфатной агрессивностью.

Породы вулканогенно-осадочной формации представлены туфами и лавами кислого состава и песчаниками, аргиллитами с прослоями конгломератов и порфиритов, а также туфопесчаниками, реже алевролитами, сланцами, известняками силурийского и девонского возраста Все породы в значительной степени выветрены и тектонически нарушены.

Туфогенные брекчии, туфопесчаники, конгломераты и туфогенные алевролиты представляют собой обломочные породы. Обломки в этих породах размером 3—4 см представлены эффузивными породами, кварцем и полевым шпатом. Зона выветривания вулканогенно-осадочной толщи достигает глубины 30 м.

Физико-механические свойства альбитофиров следующие: объемная масса 2,54 г/см^3; плотность от 2,64 до 2,71 кг/см^3; пористость от 1,5 до 4,2%; водопоглощение по объему 0,41—2,4%; водопоглощение по весу 0,16—0,93%; прочность в воздушно-сухом состоянии $1155 \cdot 10^5$—$2163 \cdot 10^5$ н/м^2; прочность при насыщении водой $1069 \cdot 10^5$—$2139 \cdot 10^5$ н/м^2; коэффициент размягчения 0,85—1,00; коэффициент морозостойкости 0,93—1,00.

Песчаники и туфопесчаники характеризуются следующими показателями: плотность 2,77—2,86 г/см^2; объемная масса 2,61—2,71 г/см^3; коэффициент пористости 0,061—0,083; коэффициент трещиноватости 0,02—0,11; коэффициент фильтрации 0,45—1,8 м/сут; водопоглощение 1,07—1,31%; временное сопротивление сжатию в воздушно-сухой породе $400 \cdot 10^5$—$2034 \cdot 10^5$ н/м^2, в водонасыщенной $1173 \cdot 10^5$—$1643 \cdot 10^5$ н/м^2. Благодаря высокой прочности эффузивные породы употребляются в качестве строительных материалов. Породы, включающие подземные воды

трещинного типа, обладают невысокими фильтрационными свойствами, часто имеют углекислотную агрессивность.

Породы вулканогенной формации представлены комплексом порфиритов, альбитофиров, кератофиров и их туфов. Они нижне-среднедевонского и каменноугольного возраста, распространены в центральной и южной частях региона. Глинистая кора выветривания в основном развита на порфиритах и туфолавах девона, мощность которой нередко достигает 60—100 м. Реже наблюдается глинисто-обломочная кора выветривания, приуроченная к каменноугольным эффузивам, где мощность обычно не превышает 10 м. Породы комплекса очень плотные и практически безводные. Они характеризуются допускаемым давлением $6 \cdot 10^5$ н/м^2, а на щебенистую кору выветривания — $2{,}5 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^5$ н/м^2. Порфиры характеризуются объемной массой 2,72—2,90 г/см^3; плотностью от 2,62 до 2,82 г/см^3; водопоглощением от 0,12 до 0,66%; водонасыщением от 0,12 до 0,81% и временным сопротивлением сжатию $1460 \cdot 10^5$ н/м^2.

Подземные воды залегают на глубине от 6 до 50 м в зависимости от рельефа местности. Минерализация вод пестрая, чаще составляет 1,2—2,22 г/л. Водообильность низкая, подземные воды нередко обладают сульфатной агрессивностью.

Породы интрузивной формации представлены комплексом разнозернистых, крупнокристаллических и разновозрастных гранитов, гранодиоритов, диоритов и диабазов массивного сложения.

Зона выветривания характеризуется трещиноватостью, прослеженной до глубины 50—80 м. Местами породы сильно разрушены и ожелезнены. Породы по составу и свойствам относятся к инженерно-геологической группе скальных. Граниты имеют объемную массу 2,72 г/см^3; плотность 2,74 г/см^3; временное сопротивление сжатию в воздушно-сухом состоянии $1316 \cdot 10^5$ н/м^2, в водонасыщенном состоянии $1208 \cdot 10^5$—1385×10^5 н/м^2, после десяти циклов промораживания в сернокислом натрии $1272 \cdot 10^5$—$1286 \cdot 10^5$ н/м^2.

Комплекс характеризуется развитием трещинных вод со свободной поверхностью, глубина залегания до 50 м. Воды неагрессивные.

Наличие современной коры выветривания и зоны открытой трещиноватости обусловливает водопроницаемость пород и снижение несущей способности, в связи с чем давления на скальные породы в таких местах снижаются до $2{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2.

Инженерно-геологические условия данного региона определяются среднегорным и низкогорным денудированным рельефом и преимущественным распространением скальных пород с высокими несущими свойствами. На значительной площади в юго-западной части региона развита активная сейсмичность. На приподнятых участках равнинной части региона подземные воды пресные или слабосолоноватые неагрессивные, в понижениях при близком стоянии подземных вод и интенсивном испарении среди гипсоносных глин и суглинков воды становятся высокоминерализованными и часто агрессивными.

Регион 35. Джунгаро-Балхашская геосинклинальная зона. Регион представляет собой сложное складчато-глыбовое сооружение, расположенное во внутренней части Центрального Казахстана. Он прослеживается от Джунгарского Алатау на юго-востоке вплоть до Карагандинской депрессии на северо-западе. К нему относится Джунгарский антиклинорий и Северо-Балхашский синклинорий, заключенный между нижнепалеозойскими Чингиз-Тарбагатайской и Чу-Или-Бетпакдалинской складчатыми системами.

В геоморфологическом отношении регион представляет область Джунгаро-Балхашских разновысотных эрозионно-

денудационных гор с ледниковой и нивальной обработкой, с наиболее высокими абсолютными отметками от 2000 до 4400 м и наиболее низкими 1000 м и менее. Выше отметки 3800 м располагается снеговая линия, где развиты ледники. Долины рек узкие V-образные, глубина эрозионного расчленения долин достигает 200 м. В строении их принимают участие преимущественно прибрежно-морские отложения девона и низов карбона, а также континентальные вулканогенные образования среднего, верхнего карбона и нижнего отдела перми. В регионе развиты терригенная, карбонатная, метаморфическая, вулканогенно-осадочная, вулканогенная и интрузивная формации.

Породы терригенной формации представлены конгломерато-сланцево-песчаниковым скальным комплексом полимиктовых песчаников с прослоями известняков, конгломератов, алевролитов и туфопесчаников. В ненарушенном состоянии породы комплекса обладают высокими показателями сопротивления на сжатие, породы трещиноваты и обводнены на глубине до 50 м.

Породы карбонатной формации представлены комплексом известняков, доломитов, переслаивающихся в известковистыми песчаниками и алевролитами. На глубине 20—30 м и в зонах нарушений до 100 м залегают воды трещинно-карстовые, которые обладают выщелачивающей агрессивностью.

К данным породам приурочены карст, трещиноватость, выветривание. Глубина распространения пустот доходит до 30 см. Коэффициент фильтрации закарстованных известняков составляет 150—240 м/сут.

Породы метаморфической формации представлены двумя комплексами: первый сложен кварц-серицит-хлоритовыми сланцами, кварцитами, переслаивающимися с доломитами, мраморизованными известняками, конгломератами, реже порфиритами с туфами кембрия, и ордовика и протерозоя, которые относятся к инженерио-геологической группе скальных пород. До глубины 30—50 м породы трещиноваты и обводнены. На склонах, сложенных сланцами, широко развиты осыпи, обвалы и сели.

Второй комплекс сложен гнейсами, амфиболитами, сланцами, порфиритами, кварцито-гнейсами и гранито-гнейсами. Мощность комплекса составляет несколько километров. Разности пород по простиранию обычно не выдержаны. Выходы комплекса приурочены к ядрам герцинских антиклиналей. Породы дислоцированы и трещиноваты. Глубина трещиноватой обводненной зоны не превышает 30 м, а в районах разломов она достигает 100 м.

Породы вулканогенно-осадочной формации девона и карбона представлены комплексом кварцевых порфиров, альбитофиров, порфиритов и их туфов, конгломератов, песчаников, сланцев, местами с прослоями известняков. Комплекс относится к инженерно-геологической группе скальных пород. Порфириты характеризуются плотностью 2,72—2,9 г/см^3; объемной массой 2,62—2,85 г/см^3; временным сопротивлением сжатию до $14 \cdot 10^7$ н/м^2; водонасыщением 0,12—0,5%. Породы трещиноваты и обводнены до глубины 40—50 м.

Породы вулканогенной формации представлены комплексом порфиритов и их туфов. Трещиноватая зона выветривания имеет незначительную мощность. Фильтрационные свойства невысокие. Комплекс распространен незначительно в виде изолированных выходов на равнине.

Породы интрузивной формации сложены гранито-диоритовым комплексом пород, местами сильно выветрелых до состояния щебенки и песка. У подножий гор имеются выходы нисходящих родников. Комплекс имеет незначительное распространение в районе гор Аркалы. Породы

прочные, несжимаемые и характеризуются величинами временного сопротивления сжатию $12 \cdot 10^7$—$20 \cdot 10^7$ н/м^2.

Инженерно-геологические условия региона определяются сложными рельефными условиями; широким распространением скальных пород, проявлением карстовых явлений, выветривания, обвалов, селей, осыпей и наличием верхней трещиноватой обводненной толщи пород.

Регион 36. Межгорные впадины кайнозойские (Балхаш-Илийская, Алакуль-Эмельская) и палеозойская (Чуйская). Регион в структурном отношении представляет собой обширные межгорные депрессии, выполненные мезо-кайнозойскими и палеозойскими отложениями. Эти образования залегают на складчатом фундаменте палеозоя, кровля которого опущена на глубину 2—3 тыс. м.

В геоморфологическом отношении регион представляет области аллювиальных аридно-денудационных равнин Чуйской впадины. Обширные межгорные впадины Балхаш-Илийская и Алакуль-Эмельская выполнены мезо-кайнозойскими отложениями, образовавшимися преимущественно в континентальных условиях. Породы дислоцированы и осложнены крупными разрывами. В отличие от них Чуйская впадина формировалась в течение постгеосинклинального периода в позднепалеозойское время.

Балхаш-Илийская впадина расположена между горными системами Тарбагатая на северо-востоке и Заилийского Алатау — на юге. Поверхность Балхашской впадины представлена озерными, аллювиальными, террасированными и перевеянными равнинами. Озерная равнина простирается вдоль южного берега оз Балхаш, а также по юго-западным берегам озер Сасыккуль и Алакуль. Характерным процессом для озерных равнин является соленакопление с формированием солончаков и соров. Перевеянные равнины образуют ряд песчаных массивов с отметками поверхности 340—500 м. Местами равнины пересечены редкой сетью плоских эрозионных и эоловых форм, чередующихся с такырами. Для них характерно перевевание песков, а на закрепленных массивах — вторичное засоление.

Пролювиальные равнины наклонены от гор к аллювиальным равнинам и имеют абсолютные отметки поверхности 500—800 м. Пролювиальные равнины окружены низкогорьем и среднегорьем с эрозионно-денудационной обработкой. Здесь развиваются осыпи, обвалы и курумы.

С поверхности регион сложен аллювиально-пролювиальными, аллювиально-делювиально-пролювиальными, эоловыми, озерными и озерно-аллювиальными отложениями.

Аллювиально-пролювиальные отложения представлены комплексом нерасчлененных средне- и верхнечетвертичных валунных, гравийных, щебенистых и галечных пород с песчаным заполнителем. Размеры валунов от 0,2 до 1 м и более. Породы слагают предгорные наклонные равнины хр. Джунгарского Алатау.

Механический состав пород: валунов от 25 до 60%, гальки от 15 до 30%, гравия от 5 до 10%, суглинка от 5 до 10%, песка от 10 до 15%. Коэффициент фильтрации пород комплекса колеблется от 10 до 30 м/сут.

Глубина залегания подземных вод от 0 до нескольких десятков метров. Мощность обводненной толщи от 2 до 25 м, а в конусах выноса более 100 м.

Аллювиально-делювиально-пролювиальными нерасчлененными средне-верхнечетвертичными, а также плиоцен-нижнечетвертичными

образованиями представлен комплекс супесей, суглинков и песков с гравием и галькой мощностью от 2 до 40 м и выше.

Супеси и суглинки содержат много «журавчиков», а также линз иловатых глин и песков. Породы засолены с содержанием солей по водным вытяжкам, близким к 0,5%. Породы просадочные средне- и сильносжимаемые, кроме участков сорового орошения и соровых западин. Глубина залегания подземных вод колеблется от 0,2 до 60 м.

Эоловые отложения среднечетвертичного возраста представлены комплексом тонких глинистых песков, местами супесей, которые распространены на междуречьях рек, стекающих с Тарбагатая, и на северо-восточном побережье оз. Алакуль.

Подземные воды залегают на глубине 1—5 м. Местами обладают напором.

Озерные и озерно-аллювиальные отложения представлены комплексом суглинков, супесей и песков, распространенным в прибрежной зоне озер Алакуль и Сасыккуль. Глубина залегания грунтовых вод в озерных отложениях изменяется от 0,0—0,5 до 15 м.

Грунтовые воды озерно-аллювиальных отложений имеют сульфатно-хлоридно-натриевый состав и обладают сульфатной агрессивностью.

Аллювиально-пролювиальные отложения представлены комплексом суглинков, местами с линзами песков и гальки мощностью более 30 м. Комплекс распространен в конусах выноса мелких рек. Грунтовые воды залегают в них на глубине 25 м. Коэффициенты фильтрации достигают свыше 200 м/сут.

Аллювиальные отложения Чуйской впадины представлены комплексом кварцевых песков мелко- и среднезернистых, иногда с гравием, переслаивающимся с суглинками и супесями. Коэффициент фильтрации песков составляет 3,5 м/сут. Для супесей и суглинков он уменьшается до 0,8—1,0 м/сут. Подземные воды вскрываются на глубине от 1 до 10—20 м. Они обладают сульфатной агрессивностью.

В Чуйской впадине *аллювиально-пролювиальные отложения* состоят из переслаивающихся суглинков, песков, гравия и галечника. Суглинистые разности преобладают в верхней части разреза, где нередко обнаруживаются их просадочные свойства. В гранулометрическом составе их составляют глинистые частицы 30—55%; пылеватые 15—40%; песчаные 15—20%; средняя плотность равна 2,7 г/см^3;: объемная масса 1,6—1,75 г/см^3; пористость 45—47%. Подземные воды залегают на глубинах до 80—100 м в верхних частях предгорных шлейфов и конусов выноса и от 0 до 5 м — по их периферии. Они обладают сульфатной агрессивностью. К современным геологическим процессам относится эрозия склонов и просадки в лёссовых породах.

Породы терригенной формации сложены комплексом конгломератов, песчаников, алевролитов, туфоконгломератов и туфопесчаников девона, карбона и перми. Комплекс относится к инженерно-геологической группе полускальных пород. Подземные воды залегают на глубине 20—50 м, редко глубже. Трещиноватость пород значительна до глубины 40—60 м, а в зонах тектонических нарушений до 100 м и более.

Инженерно-геологические условия данного региона характеризуются широким распространением рыхлых четвертичных отложений. К ним приурочены просадки, эрозия, сезонное промерзание и вспучивание пород, а также сейсмические явления. Все эти факторы осложняют условия строительного освоения территории, учет которых необходим при проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Казахстанских регионов

В структуре данной территории выделяются: Казахская складчатая зона, Джунгаро-Балхашская геосинклинальная зона, межгорные мезо-кайнозойские Балхаш-Илийская и Алакуль-Эмельская впадины, а также Чуйская палеозойская впадина. Эта территория характеризуется сложной геологической историей. В ее строении принимают участие породы от архейского до неогенового возраста, представленные главным образом образованиями эффузивно-осадочных, терригенных и интрузивных формаций. В межгорных впадинах развиты рыхлые песчано-глинистые отложения. Из четвертичных пород преимущественным развитием пользуются генетические типы: элювиальный, делювиальный и аллювиальный средне-верхнечетвертичных часто нерасчлененных отложений.

В геоморфологическом отношении Казахстанские регионы представляют собой денудационный пенеплен — область преимущественно слабых новейших поднятий, слабо расчлененный пологими речными долинами. Особо выделяются Балхашская и Тенгизская древние впадины. На значительных площадях развиты структурно-денудационные равнины и плато.

В гидрогеологическом отношении это очень сложная область, отличающаяся пестротой химического состава, минерализации, глубин залегания и агрессивности подземных вод. На юге это преимущественно соленые и солоноватые воды сравнительно неглубокого залегания, обладающие сульфатной агрессивностью.

Из современных геологических процессов здесь развито выветривание, засоление, эрозия, сели и карст.

Л. РЕГИОНЫ ЗАЙСАНСКИЕ

Данные регионы включают Южный и Рудный Алтай, а также Калбинские горы, Зайсанскую котловину и расположенные южнее ее горы Монрак и Саур. На севере ее складчатые формы погружаются под осадочный покров Кулундинской впадины, образуя Томь-Колыванскую зону, а на юго-востоке продолжаются в Китае. На северо-востоке и на юго-западе регион ограничен глубинными разломами. Докембрийский фундамент залегает на глубине от 5 до 16 км, образуя систему блоковых поднятий и прогибов, ограниченных этими разломами.

Структура Зайсанской складчатой системы сформировалась в результате последовательной смены геосинклинального режима орогенным, первый из которых развивался с кембрия до начала триаса, а второй продолжается и в настоящее время.

В геосинклинальном комплексе в соответствии с изменениями тектонического режима выделяются три структурных яруса, охватывающих периоды: первый от кембрия до силура, второй девон — ранний визе и третий со среднего визе до перми, местами до начала триаса включительно. Первые два яруса сформировались в стадию погружения геосинклинали, третий в инверсионную стадию.

Первый ярус, развитый незначительно, слагается кембрийскими породами вулканогенно-осадочной формации, кембрийско-ордовикскими — терригенной формации и силурийскими — карбонатной формации. Второй ярус представлен преимущественно породами вулканогенной, терригенной, флишевой и флишоидной формациями. Третий сложен главным образом породами вулканогенно-осадочной и терригенно-угленосной континентальной формацией.

Зональное строение системы в орогенный период было осложнено глыбовыми перемещениями, в результате которых на юге возникли Зайсанская межгорная впадина и Кендерлыкская мульда, а в остальной части поднятия привели к формированию горного рельефа.

История геосинклинального развития Зайсанской складчатой системы характеризуется разновременными блоковыми погружениями. В период формирования первого структурного яруса в восточной части геосинклинали с кембрия до ордовика шло накопление песчано-глинистых отложений, впоследствии метаморфизованных и смятых в складки, а в западной части — осадочно-вулканогенных пород, закончившееся общим поднятием.

С раннего девона формировались два прогиба — Чуйский и Южно-Алтайский. С эйфеля вся восточная часть геосинклинали опустилась и указанные прогибы соединились. Западная часть была соединена с Казахстанской областью. В живетском и франском веке Жерминская, Саурская и Томь-Колыванская зоны опустились.

В конце фаменского века поднялась западная часть геосинклинали с внедрением по разломам интрузий основного состава. С середины турне западная часть геосинклинали вновь погружается. В начальной фазе инверсии визе—намюра происходят редкие движения и внедрение гипербазитов и гранитоидов. Начиная со среднего карбона осуществляется общее поднятие и сокращение морского бассейна. В конце геосинклинального развития образовалась горная система, рельеф которой был значительно сденудирован в триасе. Далее в северной части начиная с юры господствовали нисходящие движения, в результате чего область вошла в состав обского комплекса, а в южной установился орогенный режим с интенсивными восходящими движениями и преимущественно глыбовыми перемещениями по разломам. В среднем триасе формируется Кендерлыкская мульда, с позднего мела Зайсанская и, вероятно, Чиликтинская впадина. Интенсивные тектонические движения произошли в конце плиоцена — начале четвертичного периода с дислокацией палеогеновых и неогеновых отложений в Зайсанской впадине. В кайнозое происходили глыбовые движения, создавшие современный рельеф. В среднем плейстоцене образовалась впадина оз. Маркаколь, а на границе плейстоцена и голоцена сформировалась 20-метровая терраса. Алтай и Саур вовлечены в современные движения, на что указывает их значительная сейсмичность.

Климат Зайсанских регионов континентальный с большими суточными, сезонными и годовыми колебаниями температуры. Среднегодовая амплитуда температуры воздуха колеблется от +22° на севере до +3,8° С на юге в Зайсанской котловине. Для региона характерна зональность в распределении температур и осадков. В предгорной равнине количество атмосферных осадков изменяется от 170 до 450 мм/год. В горных районах на отметках свыше 2000 м количество осадков достигает 1500 мм/год и более. Климат Зайсанской котловины отличается большой засушливостью со среднегодовым количеством осадков до 300 мм/год и испаряемостью 800 мм/год. Осадки выпадают обычно в виде дождей. Снежный покров достигает 0,5 м, а в горах 3—4 м. Глубина промерзания пород от 0,3 до 1,5 м, скорости ветров 3—5 м/с. В северной части преобладают восточные и юго-восточные, а в южных районах — западные и северо-западные ветры.

Вся горная часть региона покрыта лесами, причем выше отметок 1300 м преобладают хвойные, а ниже смешанные леса. Межгорные впадины и предгорные равнины представляют собой типичные степные районы.

Орографической особенностью региона является наличие здесь обширных межгорных впадин, занимающих $^1/_5$ часть всей описываемой территории (Чиликтинская, Лениногорская, Зыряновская, Бобровская). Поверхность бессточных и открытых впадин занята озерами или заболочена вблизи массивов эоловых песков.

Гидрографическая сеть представлена рекой Иртышом с многочисленными правыми притоками — реками Убой, Ульбой, Бухтармой, Нарымом и Курчумом. Питание большинства рек смешанное за счет ледников, атмосферных осадков и подземного стока. Большинство речек, стекающих с горного обрамления в Зайсанскую котловину, теряется в делювиальных отложениях конусов выноса и не доходит до озера.

Регион 37. Зайсанская геосинклиналь и Томь-Колыванская складчатая зона. Данный регион в своем развитии в каледонское и герцинское время тесно связан с юго-западным Алтаем.

Он состоит из двух структурных этажей сложно дислоцированного палеозойского фундамента и верхнего осадочного покрова мезокайнозойских отложений. Нижний этаж слагают породы интрузивной, эффузивно-осадочной и терригенной формаций палеозойского возраста. Верхний структурный этаж сложен породами красноцветной формации палеоген-неогена.

В данном регионе выделяются три области: Зайсанские (разновысотные) горы, Зайсанская равнина и денудационный пенеплен Томь-Колывани.

Область Зайсанских разновысотных гор имеет абсолютные отметки до 2000—3500 м и относительные превышения 800—1000 м с постепенным переходом на запад в слабо волнистую предгорную равнину. Характерны для данной области поверхности выравнивания на абсолютных отметках 2000—2900 м. В высокогорной части наблюдаются следы древних оледенений — троговые долины, конечные морены, валы. Область слагается вулканогенно-осадочными, терригенными и интрузивными породами. На высоте более 900 м развиты солифлюкция, обвалы и курумы.

Область Зайсанской равнины сложена аллювиальными, аллювиально-пролювиальными и эолово-делювиальными отложениями. В Зайсанской равнине к северу и югу от оз Зайсан преобладает эоловая деятельность с образованием обширных понижений выдувания, а также испарение с образованием солончаков и соров.

Область денудационного пенеплена Томь-Колывани, представляет собой волнисто-увалистую слабо всхолмленную пенепленизированную возвышенность с отметками 200—308 м. Область сложена с поверхности элювиально-делювиальными суглинками, подстилаемыми близко залегающими к поверхности дочетвертичными отложениями терригенной, интрузивной и молассовой формаций Развита эрозия и просадочные явления на водоразделах.

В данном регионе четвертичные отложения представлены генетическими типами пород аллювиального, делювиально-пролювиально-аллювиального и эолово-делювиального генезиса, а дочетвертичные — породами молассовой, терригенной, терригенно-карбонатной, эффузивной, флишевой, эффузивно-осадочной, метаморфической и интрузивной формаций.

Аллювиальные отложения представлены комплексом суглинков с включением щебенки, гальки и валунов, которые распространены по долинам рек. Суглинки с тонкими прослоями и линзами мелкозернистого песка содержат в (%): глинистой фракции 27—55; пылеватой 26—55; песчаной 27—46. Подземные воды в них залегают на глуби-

нах от 0 до 100 м. В пойме Иртыша они выклиниваются, образуя обширные заболоченные участки. На других участках в результате испарения этих вод обширные площади покрыты солончаками и солонцами.

Эолово-делювиальные отложения представлены комплексом лёссовидных суглинков средне-верхнечетвертичного возраста мощностью от 0,5 до 5 м, широко распространенных в предгорной равнине Рудного Алтая. Лёссовидные отложения весьма однородны по химическому и гранулометрическому составу. В гранулометрическом составе преобладают пылеватая фракция 0,05—0,005 мм, содержание которой достигает 70—80%. Содержание глинистой фракции редко выходит за пределы 20—30%, а песчаной фракции 0,05—2 мм содержится только 10—15%.

Естественная влажность колеблется в пределах от 7,3 до 36%. Компрессионные испытания суглинков показали их высокую и неравномерную сжимаемость. Коэффициент сжимаемости в диапазоне давлений 10^5—$5 \cdot 10^5$ н/м^2 составляет $0{,}7 \cdot 10^{-7}$ м^2/н (иногда $0{,}1 \cdot 10^{-7}$—$0{,}3 \cdot 10^{-7}$)—$9 \cdot 10^{-7}$ м^2/н (иногда $11 \cdot 10^{-7}$—$14 \cdot 10^{-7}$ м^2/н). На поверхности суглинков наблюдаются суффозионные просадки глубиной до 1,5 м. На территории распространения лёссовидных суглинков развиваются просадки и процессы оврагообразования. Подземные воды залегают на глубинах более 5 м.

Делювиально-пролювиально-аллювиальные отложения представлены комплексом суглинков и глин с валунами и гальками.

Физико-механические свойства суглинков характеризуются преобладанием в механическом составе пылеватой фракции 49—65%, песчаной 19,5—36,5% и глинистой 10—14%; плотность суглинков 2,69—2,73 г/см^3. Консистенция твердая и полутвердая. Глины непросадочные, но набухающие. Подземные воды залегают на глубинах 10—20 м в конусах выноса и 50—100 м и более в предгорьях. Воды обладают сульфатной агрессивностью.

Породы молассовой формации представлены комплексом слабосцементированных конгломератов неогена. Конгломераты состоят из гальки кремнистых и изверженных пород, сцементированных песчано-глинистым и карбонатным цементом.

Породы терригенной (красноцветной) формации неогенового и палеогенового возраста представлены комплексом глин, песков, аргиллитов, песчаников, алевролитов и загипсованных глин и относятся к инженерно-геологической группе песчаных с глинистыми.

В прослоях и линзах песка в этих отложениях формируются водоносные горизонты, обладающие значительными напорами. Подземные воды залегают на глубине от 30—40 до 80—100 м и обладают сульфатной агрессивностью. Терригенные формации в Рудном Алтае представлены комплексом песчаников, аргиллитов и глинистых сланцев с линзами туфов и лав. Содержание глинистых частиц достигает 66—75%, пылеватых — 21,5%, песчаных — 2,8%. С глубиной содержание глинистых частиц уменьшается за счет увеличения пылеватых и песчаных. Верхние горизонты глин находятся в тугопластичном и пластичном состоянии, нижние — в твердом.

Физико-механические свойства глин неогена: влажность 15—25%, объемная масса 1,95—2,1 г/см^3, плотность 2,72—2,76 г/см^3, пористость 32—48%; число пластичности 17—30.

Породы терригенно-карбонатной формации мезозоя представлены комплексом песчаников, алевролитов, известняков и углистыми сланцами.

К трещинной зоне известняков приурочены подземные воды, глубина залегания которых на водоразделах колеблется от 32 до 100 м.

Воды обладают выщелачивающей агрессивностью. В целом закарстованность пород незначительная ввиду плохой растворимости их. Кроме того, бо́льшая часть пород перекрыта отложениями, препятствующими поступлению воды в карстовые пустоты.

Породы эффузивной формации среднепалеозойского возраста, в составе которого преобладает комплкекс туфов, порфиров, имеют высокую прочность, устойчивы к процессам выветривания.

По физическим свойствам они относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Употребляются в качестве дорожного щебня и строительного камня. Породы трещиноваты, особенно до глубины 3—5 м.

Кварцевые порфиры в водонасыщенном состоянии обладают временным сопротивлением сжатию, равным $15 \cdot 10^7$—$17 \cdot 10^7$ н/м^2, которое в их трещиноватых разностях равно $11 \cdot 10^7$—$13 \cdot 10^7$ н/м^2. Глубина залегания подземных вод колеблется от 0 до 50 м, воды обладают сульфатной агрессивностью.

Породы метаморфической формации слагают Нарымский хребет и отроги хр. Южного Алтая. Они представлены комплексом кристаллических сланцев, песчаников и алевролитов. Предел прочности слабо выветрелых песчаников в водонасыщенном состоянии составляет $551 \cdot 10^5$ н/м^2. Породы развиты тонкими трещинами до глубины 50—70 м и характеризуются слабой водопроницаемостью. Коэффициенты фильтрации находятся в пределах 0,0039—0,0075 м/сут. Подземные воды, приуроченные к трещиноватой зоне, обладают выщелачивающей агрессивностью.

Породы интрузивной формации представлены комплексом гранодиоритов нижнего и среднего карбона и перми. Они довольно однородны по составу, имеют среднезернистую структуру и относятся к группе скальных пород, выдерживающих давление более $2 \cdot 10^8$ н/м^2. Физические свойства этих пород характеризуются объемной массой 2,72 г/см^3; плотностью 2,74 г/см^3; временным сопротивлением сжатию в воздушно-сухом состоянии $1316 \cdot 10^5$ н/м^2 — в водонасыщенном состоянии $1208 \cdot 10^5$—$1365 \cdot 10^5$ н/м^2. Интенсивная трещиноватость пород прослеживается иногда до глубины 70 м. Породы разбиты трещинами разрыва и скалывания. Зона выветривания обводнена. Подземные воды часто дают местные напоры. Глубина залегания подземных вод колеблется в широких пределах от 4 до 50 м.

Инженерно-геологические условия региона определяются сложными рельефными условиями, развитием дислоцированных дочетвертичных, трещиноватых пород и перекрывающей их толщи просадочных лёссовидных суглинков. Межгорные впадины сложены мощной толщей рыхлых четвертичных отложений. Восточная часть региона сильно расчленена широким развитием эрозионных процессов, курумов и солифлюкции на повышенных участках рельефа. С распространением известняков связано проявление карстовых процессов.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Зайсанских регионов

Структура данного региона возникла в результате смены геосинклинального режима орогенным. Первый из них развивался с кембрия до начала триаса, а затем сменился орогенным, продолжающимся до настоящего времени.

Геологическое строение региона в горной части представлено в основном палеозойскими отложениями, а в Зайсанской впадине палеогеном и неогеном. Здесь развиты преимущественно породы интрузивной,

метаморфической, эффузивно-осадочной, терригенно-карбонатной, терригенной и флишевой формаций. Из четвертичных отложений преимущественным развитием пользуются генетические типы: элювия, делювия и аллювия, а также лёссовые породы в Зайсанской впадине.

В геоморфологическом отношении данный регион в горной части представляет собой область устойчивых, интенсивных новейших поднятий на складчатом основании, а также денудационные пенеплены и редкие поверхности выравнивания. В Зайсанской впадине — области устойчивых опусканий, располагаются наклонные аллювиально-пролювиальные предгорные равнины и плоские озерные и озерно-ледниковые равнины.

Гидрогеология региона также подразделяется на подземные воды в горной части и подземные воды в Зайсанской впадине. В горной части развиты холодные и термальные воды, различные по солевому составу и степени минерализации. Наболее широко представлены пресные воды. В Зайсанской впадине распространены преимущественно солоноватые и соленые воды, пресные встречаются спорадически.

Из современных геологических процессов развиты: выдувание, засоление в районе впадины и комплекс гравитационных процессов в горах. Регион входит в степную и полустепную климатические зоны. Здесь развит климат, недостаточно влажный, с теплым летом и умеренно суровой малоснежной зимой. Температура воздуха в январе не превышает минус 20°, а в июле плюс 22°.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий Зайсанской котловины определились развитием здесь солончаков и такыров, а также наличием территорий выдувания.

М. РЕГИОНЫ ТЯНЬ-ШАНЬСКИЕ

В пределах складчатой системы Тянь-Шаня выделяются регионы: Южно-Тянь-Шаньская складчатая зона, складчато-глыбовые структуры Северного Тянь-Шаня, межгорные впадины и Кызыл-Кумское поднятие.

Регион Южно-Тянь-Шаньская складчатая зона представлен системой хребтов; Кокшаалатау и южных цепей Терской-Алатау, а на западе хребтами: Ферганским, Таласским, Чаткальским Пскемским, Угамским, Алайским, Туркестанским, Зеравшанским и Гиссарским.

В этой зоне интенсивное прогибание земной коры происходило с начала каледонского цикла вплоть до второй половины герцинского — с кембрия до нижнего карбона включительно. За это время здесь накопились мощные песчано-сланцевые флишевые толщи нижнего палеозоя, а также известняки верхнего девона — нижнего карбона.

Регион Северный Тянь-Шань расположен севернее Ферганской депрессии. В Северном Тянь-Шане геосинклинальные условия существовали, кроме докембрийского времени, в течение каледонского и герцинского циклов. В начале каледонского цикла — в кембрии и ордовике — максимальное прогибание происходило в Таласском Алатау, где шло образование и ордовикских известняков.

В мезозое в Северном Тянь-Шане установились типичные платформенные условия: поднятие ранее возникших хребтов и прогибание депрессий были замедленными.

В мезозойское и кайнозойское время в результате поднятия и прогибов сформировались современные горные системы с накоплением мощных континентальных моласс в межгорных впадинах.

Климат региона горный, во впадинах резко континентальный с большим колебанием температур зимы и лета, дня и ночи.

Среднегодовая температура воздуха колеблется от 1° в горах до 21° в долинах, абсолютный минимум температуры — 24°—26°.

Наиболее низкие температуры отмечаются в высокогорных впадинах Центрального Тянь-Шаня, где имеются условия для застоя воздуха. Средняя месячная температура января в этих впадинах достигает —21,7°—27,7°.

Межгорные впадины Киргизии, отгороженные серией горных хребтов от влажных масс воздуха, характеризуются засушливым континентальным климатом с небольшим (100—300 мм) количеством осадков. Максимум осадков, как правило, приходится на летний период. В западной части Иссык-Кульской котловины снеговой покров почти совершенно отсутствует. Минимум осадков в горах отмечается в мае—июне, в предгорьях в марте—апреле. Наиболее сухим месяцем является сентябрь. Годовая сумма осадков колеблется от 50 до 600 мм. Наибольшее количество осадков 500—600 мм выпадает на южном склоне Гиссарского хребта.

Регион покрыт полупустынной и степной растительностью. Днища межгорных впадин (Иссык-Кульской и др.) заняты полынно-злаковыми и разнотравно-злаковыми степями. В межгорных впадинах распространены черноземы и гумусы.

Реки региона имеют грунтовое питание. К ним относятся Зеравшан, Сырдарья, Амударья, Ак-Тенга и др.

Регион 38. Южно-Тянь-Шаньская складчатая зона. С начала каледонского цикла до второй половины герцинского, включая нижний карбон, регион испытал интенсивное прогибание. Одновременно с прогибанием здесь шло накопление песчано-сланцевых флишевых отложений нижнего палеозоя и известняков карбона. К настоящему времени здесь после поднятий (под воздействием процессов денудации) сформировался рельеф сильно расчлененных хребтов Нуратинского, Каратегинского, Алайского, Зеравшанского, Гиссарского и Туркестанского с отметками до 550 м.

Регион состоит из сплошных систем складчато-глыбовых линейно вытянутых антиклинальных и синклинальных зон с многочисленными разломами и надвигами.

В результате проявления герцинской складчатости палеозойские породы были сильно дислоцированы с внедрением интрузий и проявлением слабой вулканической деятельности.

В мезо-кайнозойское время преобладал прибрежно-морской режим с накоплением морских осадков, что свидетельствует об относительно слабой тектонической деятельности в этот платформенный этап развития.

На границе верхнего палеогена и неогена и в нижнечетвертичное время активизируются очень сильные горообразовательные процессы с общим поднятием территории, сопровождающимся складкообразованием, развитием разрывных нарушений и интенсивным проявлением денудации. Все это обусловило формирование современного облика региона, который характеризуется повышенной сейсмичностью силой 7—9 баллов. В регионе выделяются геоморфологическая область эрозионно-денудационных разновысотных гор с ледниковой нивальной обработкой, а также область с аридно-денудационными пластовыми равнинами.

Область эрозионно-денудационных разновысотных гор с ледниковой и нивальной обработкой расчленена многочисленными глубокими трудно проходимыми ущельями с крутыми почти отвесными склонами. Абсолютные отметки вершин достигают 5500 м, превышения водоразделов колеблются от 50 до

2000 м. Развиты карбонатные, терригенно-карбонатные, эффузивно-осадочные, терригенные и метаморфические породы.

Из современных геологических процессов в регионе встречаются карст, сели, оползни, обвалы, осыпи, снежные лавины, многолетняя мерзлота, сезонное промерзание, эрозия, сейсмичность.

Карст в известняках девона, верхней юры и мела, палеогена и неогена проявляется в виде воронок и пещер в Туркестанском и Гиссарском хребтах. Возникновение селей вызывается сильной расчлененностью рельефа, наличием рыхлых продуктов выветривания на крутых склонах, оголенностью местности, значительными уклонами русел рек, обильными, неравномерно выпадающими осадками в виде ливней часто с градом. Особенно часто проходят сели на южном склоне Гиссарского и Зеравшанского хребтов, так в мае 1873 г. произошел сель, который затопил в течение часа г. Пенджекент грязью и водой на высоту 15 м.

Оползни развиты в долине р. Зеравшан, на Зеравшанском и Гиссарском хребтах. Обвалы больших объемов происходят в высокогорных частях Туркестанского, Зеравшанского и Гиссарского хребтов. Нередко наблюдаются в данном регионе и снежные лавины. Мокрые лавины содержат обломки деревьев, крупные лавины нередко вызывают подпруживание рек. Осыпи окаймляют склоны почти всех хребтов. Мощность осыпей у подножия склонов в ряде мест достигает нескольких десятков метров. Многолетняя мерзлота распространена отдельными участками в приводораздельных частях Туркестанского, Зеравшанского и Гиссарского хребтов. Эрозия почв интенсивно протекает в горной и предгорной зонах. Сейсмичность данного региона высокая, достигает 7—9 баллов и выше.

Область аридно-денудационных пластовых равнин приурочена к районам развития пород, флишевой, терригенно-карбонатной, вулканогенной, метаморфической и интрузивной формаций. Долины рек неглубокие с пологими задернованными бортами, сложенными песками и лёссовидными породами. В области развит карст, просадки, эрозия, сели.

В регионе развиты аллювиально-пролювиальные отложения, а также породы молассовых, терригенных, терригенно-карбонатных, карбонатных, метаморфических, вулканогенных и интрузивных формаций.

Аллювиально-пролювиальные отложения представлены комплексом галечников, перекрытых суглинками и супесями, которые относятся к инженерно-геологической группе связных пород с обломочными. Мощность их в верхней части долин 0,2—0,5 м, а в устьевых частях конусов выноса 15 м. Мощность галечников местами достигает 600 м. Галечники водоносны. Подземные воды в них не напорные, лишь по периферии конусов выноса они приобретают напор. Глубина залегания подземных вод изменяется от 0 до 250 м. Воды не обладают агрессивностью. Коэффициент фильтрации суглинков не превышает 0,2 м/сут, а супесей 2—4 м/сут.

Породы молассовой формации слагаются двумя комплексами: 1) глинисто-конгломерато-песчаниковым палеоген-четвертичного возраста и глинистым верхнепалеогенового возраста. Отложения распространены в межгорных впадинах Южного Тянь-Шаня. Указанные комплексы относятся к инженерно-геологическим группам полускальных пород с пластичными.

Глинисто-конгломерато-песчаниковый комплекс представлен в основном песчаниками, гипсами, гравелитами, конгломератами и глинами. Подземные воды в них распространены спорадически, агрессив-

ностью не обладают. Глинистый комплекс имеет коэффициент фильтрации 0,0007—2,246 м/сут. Величина допускаемой нагрузки в зависимости от давления и степени увлажнения колеблется от 0,5 до 6—10^5 н/м^2.

С этими глинами связаны оползневые явления.

Породы терригенной (флишоидной) формации представлены комплексом песчано-глинистых образований среднего и верхнего карбона и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Этот комплекс состоит из песчаников, конгломератов, глинистых сланцев суммарной мощностью до 500 м. Породы обладают высокими несущими свойствами. Временное сопротивление сжатию песчаников $5 \cdot 10^7$—$15 \cdot 10^7$ н/м^2. Допускаемое давление на них до $15 \cdot 10^5$ н/м^2, а для пород выветрелой зоны $4 \cdot 10^5$—$6 \cdot 10^5$ н/м^2. Подземные воды, приуроченные к зоне открытой трещиноватости, залегают на глубине до 100 м, агрессивностью не обладают. К этой же формации относится комплекс сланцев силура, девона и карбона общей мощностью от 100 до 500 м. Сланцы разбиты трещинами северо-западного простирания. Средняя величина модуля трещиноватости 0,4. Водообильность сланцев обычно высокая. Воды приурочены к зонам дробления и тектоническим контактам, агрессивностью не обладают. С породами данной формации связаны обвалы, осыпи и оползни.

Породы терригенной формации нижнего силура и мела распространены на отдельных участках Гиссарского хребта. Они представлены комплексом песчаников, глинистых и углистых сланцев с пластами и пропластками углей. Породы входят в инженерно-геологическую группу полускальных пород с пластичными. Мощность толщи до 3000 м. Зона трещиноватости распространяется до глубины 200 м. Временное сопротивление сжатию песчаников $50 \cdot 10^6$—$150 \cdot 10^6$ н/м^2, давление $5 \cdot 10^5$—$15 \cdot 10^5$ н/м^2. Подземные воды встречаются на глубинах до 100 м. Они обладают общекислотной агрессивностью. С данной формацией связаны значительные оползневые процессы с глубиной захвата до 50 м.

Породы терригенно-карбонатной формации силура мела и палеогена представлены сильно трещиноватым известняково-конгломерато-песчаниковым комплексом, распространенным по долине р. Зеравшан, на южном склоне Гиссарского хребта в виде прерывистых узких полос. По составу и свойствам они относятся к инженерно-геологическим группам скальных и полускальных пород. Подземные воды в них трещинно-карстовые и трещинные, неагрессивные. С породами данной формации связано образование селевых и оползневых явлений. В долине р. Зеравшан во время Хаитского землетрясения под селевым потоком был погребен пос. Хаит. Мощность грязевого потока достигла 75 м. Кроме того, был завал по долине р. Ясман. Грандиозный оползень-обвал произошел в апреле 1964 г. в долине р. Зеравшан, когда в результате продолжительных ливневых дождей огромная масса (21 мн/м^3) силурийских раздробленных сланцев, песчаников и известняков обрушилась в русло р. Зеравшан и перекрыла его. Ширина завала 750 м, мощность 150 м. В пределах Гиссарского хребта широко распространены снежные лавины. Очагами их зарождения служат небольшие цирки, реже гладкие склоны. Комплекс известняков, песчаников и аргиллитов палеозойского возраста терригенно-карбонатной формации относится к инженерно-геологической группе скальных пород. Песчаники обладают временным сопротивлением раздавливанию 1^8—$1{,}2 \cdot 10^8$ н/м^2. Породы сильно трещиноваты и закарстованы. Трещиноватость в них развивается по простиранию и напластованию. Подземные трещинно-карстовые воды залегают на глубинах от 1,5

до 40 м. С породами данного комплекса связано развитие карста и оползней.

Породы карбонатной формации состоят из известнякового комплекса верхнесилурийского и девонского возраста. В Зеравшано-Гиссарской горной области мощность толщи известняков колеблется от 250 до 600 м. Породы трещиноваты и в большинстве случаев закарстованы на всю мощность. Тектонические нарушения и закарстованность значительно повышают водообильность карбонатных пород. Подземные воды ультрапресные залегают на глубинах более 10 м, агрессивностью не обладают. Интенсивно развиваются карстовые процессы.

Породы метаморфической формации докембрия слагаются гнейсово-сланцевым комплексом. Он представлен мощной толщей сильно трещиноватых гнейсов и хлорит-серицитовых сланцев с редкими прослоями мраморов. Временное сопротивление сжатию сланцев равно $0{,}8 \cdot 10^8$—1^8 н/м^2. Подземные воды полностью дренированы. С породами данного комплекса широко развиты осыпи вследствие легкой разрушаемости сланцев при выветривании.

Породы вулканогенно-осадочной формации сложены комплексом туфопесчаников, туфобрекчий, туфоконгломератов, лавобрекчий, иногда известняков, гипсов и других пород триасового возраста и относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород. Мощность отложений достигает местами 1500 м. Подземные воды трещинного типа в туфолавовых породах развиты на глубине от 42 до 80 м. Воды пресные, обладают слабой сульфатной агрессивностью. Трещинные воды часто выклиниваются, образуя оплывины в делювиальном супесчано-суглинистом покрове на склонах речных долин.

Породы вулканогенной формации карбона—перми представлены комплексом эффузивов, песчаников, сланцев и конгломератов, широко развиты в нижней части склона Гиссарского хребта. Эффузивные породы относятся к инженерно-геологической группе скальных пород и обладают высокой прочностью. Породы трещиноваты. Трещины часто заполнены глинистыми продуктами их разрушения. Подземные воды трещинные, пресные обладают слабой сульфатной агрессивностью. С отложениями данного комплекса связано образование осыпей, обвалов и селей.

Породы интрузивной формации каменноугольного и нижнепермского возраста представлены комплексом кислых и основных гранодиоритов, диоритов и гранитов. Породы сильно трещиноватые, обладают высокими прочностными свойствами. Граниты среднекаменноугольного возраста характеризуются временным сопротивлением сжатию $249 \cdot 10^5$ н/м^2 для среднезернистых разностей $1294 \cdot 10^5$ н/м^2, а для мелкозернистых $1534 \cdot 10^5$ н/м^2. Объемная масса для крупнозернистых гранитов равна 2,42 г/см^3, для среднезернистых 2,56 г/см^3. Пористость соответственно равна 7,25 и 2,69%. Водонасыщенные образцы крупнозернистых разностей при 25-кратном замораживании сжимают сопротивляемость в 1,5—2 раза. В мелкозернистых гранитах наблюдается уменьшение сопротивляемости — не более чем на 20%. Подземные воды пресные, трещинные, неагрессивные.

Инженерно-геологические условия региона определяются сложными рельефными условиями вследствие высокого гипсометрического положения, сильной и глубокой расчлененности рельефа и повышенной сейсмичности. Интенсивно протекает эрозия, происходит накопление рыхлых продуктов выветривания, а значительные уклоны склонов и обилие осадков создают условия для возникновения значительных селевых потоков. Здесь развиты процессы выветривания, осыпи и обвалы. На участках распространения многолетнемерзлых пород наблю-

даются солифлюкция и пучение. Сейсмичность оценивается в 7—9 баллов.

Регион 39. Складчато-глыбовые структуры Северного Тянь-Шаня. Регион характеризуется геосинклинальным развитием в протерозое и нижнем палеозое. В докембрийское и каледонское время происходило внедрение крупных гранитоидных интрузий. В карбоне образовались прогибы, выполненные осадочными и вулканогеннымн отложениями. В силуре и девоне регион переживал геоантиклинальное развитие. В карбоне образовались эпикаледонские прогибы, выполненные осадочными и вулканогенными породами.

К Северному Тянь-Шаню относятся следующие хребты: Киргизский, Сусамырский, Джумгольский, Кунгей Алатау, Заилийский Алатау, Терскей Алатау и др.

Регион Северного Тянь-Шаня в геоморфологическом отношении представляет собой область разновысотных гор, преимущественно высокогорья с ледниковой и нивальной обработкой и небольшими площадями аллювиально-пролювиальных равнин. Высокогорья охватывают сводовые части антиклинальных поднятий, расположенных выше снеговой линии на отметках 3600—4600 м.

Эрозионно-денудационные высокогорья и среднегорья с абсолютными отметками поверхности 2000—3000 м характеризуются резким и глубоким эрозионным расчленением, скалистыми, часто отвесными склонами и шлейфами щебенистых и глыбовых осыпей у основания склонов. Высокогорный и среднегорный рельеф выработан, главным образом в интрузивных и метаморфических породах протерозойского и палеозойского возраста.

К низкогорью с отметками 1000—2000 м с аридно-денудационной обработкой относятся предгорья хребтов Киргизского, Таласского, Заилийского и Терскей Алатау, а также останцовые возвышенности аллювиально-пролювиальных равнин. Поверхность рельефа глубоко расчленена логами и долинами. Водоразделы во многих местах узкие, гребневидные. Рельеф выработан в кайнозойских и частично мезозойских породах, местами покрытых лёссовидными суглинками мощностью от 5 до 50 м. Здесь широко развиты: кары с висячими ледниками, троговые долины, цирки, моренные накопления. Ущелья глубокие труднодоступные. Крутизна склонов обусловливает широкое развитие осыпей, камнепадов, снежных лавин. Осыпи местами достигают больших размеров.

Территория Северного Тянь-Шаня характеризуется высокой сейсмичностью. Периодически повторяющиеся землетрясения, достигающие 9 баллов и более, обладают разрушительной силой, охватывая территорию хребтов Заилийского, Кунгей Алатау и северных склонов Терскей Алатау.

Селевые потоки характерны почти для всех горных рек. Материалом для их возникновения служат многочисленные осыпи и щебенисто-суглинистые образования, покрывающие крутые склоны долин. Область зарождения периодически повторяющихся катастрофических грязекаменных потоков обычно приурочена к полосе, лежащей на абсолютных высотах от 1800 до 2700 м. Мерзлотные явления распространены в высокогорных областях на отметках свыше 3500 м. Сезонное промерзание колеблется в пределах 1,5—2,5 м.

В данном регионе распространены преимущественно дочетвертичные породы и четвертичные отложения аллювиально-пролювиального генезиса.

Аллювиально-пролювиальные отложения, приуроченные к предгорным и межгорным впадинам и речным долинам, по составу и свойствам относятся к группе грубообломочных пород со связными.

Комплекс отложений слагается в основном валунами, галечниками, песками и суглинками. Мощность отложений в Джумгольской впадине до 150 м, в Кетмень-Тюбинской до 100 м, в Сон-Кульской до 60 м.

Физико-механические свойства валунно-галечниковых отложений в районе канала Джаруй-Коксай следующие: угол естественного откоса 30—35°, коэффициент фильтрации колеблется в пределах 0,84—12,1 м/сут, допускаемая нагрузка $5{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2. Грунтовые воды пресные, залегают на глубинах от 0 до 50 м в предгорьях, неагрессивные.

Породы терригенной формации верхнего ордовика и карбона представлены комплексами прочно сцементированных песчаников, конгломератов с глинистыми сланцами мощностью до 3 тыс. м, эти отложения относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Временное сопротивление сжатию песчаников изменяется от $5 \cdot 10^7$ до $15 \cdot 10^7$ н/м^2, мощность коры выветривания обычно незначительная. Породы в воде практически нерастворимы, водопроницаемость только по трещинам. Трещинные воды залегают на глубинах от 10 до 100 м, воды слабо минерализованные и обладают углекислотной агрессивностью.

Породы терригенно-карбонатной формации среднего карбона также относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Комплекс отложений представлен песчаниками, алевролитами, конгломератами, известняками мощностью в несколько сот метров. Песчаники среднего карбона имеют плотность 2,72 г/см^3, объемную массу 2,49 г/см^3, пористость 8,45%. Алевролиты среднего карбона обладают плотностью 2,74 г/см^3, объемной массой 2,38 г/см^3, пористостью 13%. Известняки того же возраста характеризуются объемной массой 2,73 г/см^3, временным сопротивлением сжатию $1146 \cdot 10^5$ н/м^2, давлением $15 \cdot 10^5$—$40 \cdot 10^5$ н/м^2.

Трещинные воды комплекса залегают на глубине от 0 до 100 м. Они слабо минерализованы и обладают выщелачивающей агрессивностью. Для известняков характерна закарстованность, кавернозность и трещиноватость.

Породы метаморфической формации протерозоя, кембрия и ордовика представлены комплексом гнейсово-известняково-сланцевых пород. Это аргиллиты и сланцы, переслаивающиеся с филлитами, мраморами, известняками, песчаниками и конгломератами.

Встречаются также гнейсы, гранулиты, мигматиты, известняки кристаллические, часто мраморизованные, мраморы, кремнистые сланцы и яшмы. Породы твердые, практически несжимаемые. Временное сопротивление сжатию гнейсов $8 \cdot 10^7$—$20 \cdot 10^7$ н/м^2, давление на сланцы 10×10^5 н/м^2.

Породы интрузивной формации представлены гранитоидным комплексом в основном кислого состава каледонского возраста. Подчиненное значение имеют породы щелочного и основного состава: сиениты, габбро, анортозиты диабазы. Граниты характеризуются временным сопротивлением сжатию, равным $913{,}4 \cdot 10^5$—$1986{,}6 \cdot 10^5$ н/м^2, объемной массой 2,57 г/см^3, плотностью 2—2,6 г/см^3, пористостью 2,6%. Сиенит-порфиры имеют временное сопротивление сжатию от $1 \cdot 10^8$ до $1{,}6 \cdot 10^8$ н/м^2, в среднем $1{,}36 \cdot 10^8$ н/м^2, объемную массу 2,7 г/см^3, пористость 5% После 25-кратного замораживания при температуре 22° прочность пород уменьшается в 1,3—2 раза. Мощность коры выветривания не пре-

вышает 15—20 м, причем верхняя часть толщи до глубины 5—6 м в большинстве случаев превращена в дресву. На глубине более 20 м породы деформированы только тектоническими процессами. Для гранитоидов трещиноватой зоны временное сопротивление сжатию не превышает $624 \cdot 10^5$ н/м^2. Породы водопроницаемы только по трещинам выветрелой зоны и зонам тектонических разломов. Подземные воды развиты в зоне открытой трещиноватости и тектонического дробления. Они слабо минерализованы, характеризуются выщелачивающей агрессивностью.

Инженерно-геологические условия региона определяются сильно расчлененным рельефом, наличием зон активных глубинных разломов, обусловливающих высокую сейсмическую активность, а также высокой степенью трещиноватости скальных пород вдоль тектонических разломов и в коре выветривания. Здесь широко развиты явления эрозии и селей, а также камнепады, осыпи, обвалы и снежные лавины на крутых склонах.

Характерно наличие областей современного оледенения и многолетнемерзлых пород на высоте свыше 3400 м, высокая сейсмичность до 9 баллов, а также активное развитие процессов выветривания.

Регион 40. Кайнозойские и мезозойские впадины (Таласская, Иссык-Кульская, Аксайская, Алейская). В структурном отношении впадины представляют собой преимущественно новейшие межгорные складчато-глыбовые прогибы сложного, трехъ-, реже двухъярусного строения.

Нижний этаж представляет собой складчатое основание, сложенное сильно смятыми протерозойскими и палеозойскими породами.

Средний и верхний этажи образованы породами мезозоя и кайнозоя, почти горизонтально несогласно залегающими на палеозойском основании.

Таласская впадина представляет собой синклинальный прогиб широтного направления, осложненный в средней части антиклинальной грядой гор Ичкелетау и Актау.

Иссык-Кульская впадина — это глубокий синклинальный прогиб почти широтного направления, местами осложненный поднятиями и разломами. Впадина окружена со всех сторон высокими горными хребтами (на севере Кунгей, на юге Терскей Алатау), водораздельные гребни которых достигают абсолютных отметок 5210 м. В пониженной части поверхность впадины имеет отметку 1609 м. Глубина оз. Иссык-Куль более 700 м, длина 182 км, ширина 52 км.

Аксайская впадина расположена в высокогорной части Центрального Тянь-Шаня в зоне распространения многолетнемерзлых пород. Впадина является закрытой синклинальной структурой, осложненной на северо-западе антиклинальной складчатостью второго порядка. Алайская впадина расположена между Алайским и Заалайским хребтами на высоте от 2600 до 3600 м. Впадина вытянута в широтном направлении и приурочена к крупному синклинальному прогибу, выполненному рыхлыми или слабоуплотненными аллювиально-пролювиальными и ледниковыми отложениями общей мощностью до 100 м.

В геоморфологическом отношении Таласский регион относится к области аллювиально-пролювиальных плосковолнистых равнин, созданных в среднечетвертичное время за счет мощной аккумуляции рыхлых кайнозойских отложений. Рельеф периферийных частей впадин характеризуется наличием крутонаклонных предгорных шлейфов, сформированных за счет конусов выноса горных рек, сменяющихся к центру впадин пологими равнинами. В краевых частях впадин, сложенных образованиями плиоцен-древнечетвертич-

ного и раннечетвертичного возраста, развиты тектонико-эрозионно-аккумулятивные формы рельефа, возникшие в верхнечетвертичную эпоху. Регион характеризуется относительно интенсивным прогибанием.

В осевых пониженных частях впадин развиты современные плоские аллювиальные долины с постоянно действующими водотоками р. Балак Карадарья, Тюк и Джергалан. Для впадин характерна сейсмичность в 7—9 баллов.

В пределах данного региона развиты генетические типы четвертичных отложений аллювиально-пролювиального, пролювиального и аллювиального генезиса.

Комплекс валунно-песчано-галечниковых отложений относится к инженерно-геологической группе грубообломочных пород со связными. Он представлен пролювиальными, аллювиально-пролювиальными и аллювиальными отложениями, которые слагают предгорный шлейф, современные долины рек и равнинную часть Таласской впадины. Гранулометрический состав их характеризуется содержанием валунов до 30%, гальки до 40%, гравия до 15%, песка до 20% и пылевато-глинистых фракций до 5%. Пористость 27%, плотность 2,67 г/см^3, объемная масса 2,04 г/см^3, угол естественного откоса 35°. Коэффициент фильтрации валунно-песчано-галечниковых отложений 15—32 м/сут, давление на пески может быть принято равным $5\times\times10^5$—$6\cdot10^5$ н/м^2. Грунтовые воды, залегающие на глубине от 1,0 до 10 м, слабоминерализованные.

В пределах Иссык-Кульской впадины распространен галечниковый комплекс аллювиального и аллювиально-пролювиального генезиса, а также пролювиальные и озерные отложения.

Наибольшим распространением пользуются пролювиальные отложения мощностью до 100 м, прикрытые с поверхности суглинками мощностью 1,5—2 м и местами более.

Физико-механические свойства галечниковых отложений следующие: пористость при естественной структуре 18%, объемная масса в воздушно-сухом состоянии 2,2 г/см^3, угол естественного откоса 45°, коэффициент фильтрации от 0,84 до 30 м/сут. Уровень грунтовых вод в этих отложениях вскрыт на глубинах от 0 до 50 м, а в пролювиальных и озерных отложениях на глубине от 0 до 20 м. Грунтовые воды, слабо минерализованные, обладают углекислотной агрессивностью в восточной и северной частях впадины, а в южной и западной — имеют повышенную минерализацию и обладают выщелачивающей и сульфатной агрессивностью.

Аксайская впадина находится в зоне распространения многолетнемерзлых пород на склонах хребтов Атбаш и Джангджирского. Значительная площадь впадины сложена верхнечетвертичными гляциальными отложениями, представленными неотсортированными галькой с валунами и примесью щебенистого и глинистого материала мощностью 20—30 м.

Небольшую площадь впадины занимают *флювиогляциальные отложения,* представленные галькой и валунами с примесью щебенистого и глинистого материала. Мощность отложений 30—40 м. В верхней части толщи на глубине от 0 до 5 м развиты надмерзлотные грунтовые воды, выклинивание которых наблюдается по эрозионным врезам. Воды слабо минерализованные, неагрессивные.

В пределах Алайской впадины развиты флювиогляциальные, гляциальные и аллювиальные отложения, представленные преимущественно гравийно-галечниковыми образованиями, с отдельными валунами и песчано-суглинистым заполнителем. Мощность отложений до

20 м, с поверхности они прикрыты маломощным (0,7—1,0 м) покровом лёссовидных суглинков.

Гравийно-галечниковые отложения по петрографическому составу неоднородны, представлены песчаниками, реже известняками и конгломератами.

В гранулометрическом составе отложений преобладают средняя и мелкая галька (42,0—53,0), содержание гравия достигает 19,0—32,0%, а крупной гальки и валунов от 6 до 16,0%. Водопроницаемые свойства гравийно-галечниковых отложений характеризуются следующими коэффициентами фильтрации на глубине 1,0—3,0 м — 0,95—3,8 м/сут, а на глубине более 3,0 м — 5,7 м/сут. Допускаемая нагрузка на гравийно-галечниковые отложения 5,0—6,0 кг/см^2.

Грунтовые воды в районе Алайской впадины залегают в аллювиальных отложениях на глубине от 0 до 50 м, а в ледниковых отложениях — от 50 до 100 м. Воды слабо минерализованные, обладают в основном сульфатной агрессивностью.

Инженерно-геологические условия региона определяются равнинным или слабонаклонным характером рельефа и незначительным, неглубоким его расчленением, преимущественным развитием пролювиально-аллювиальных отложений песчано-галечникового с крупнообломочным состава, сравнительно близким залеганием подземных агрессивных вод, активным проявлением селевых процессов и сейсмичностью в 9 баллов.

Регион 41. Кызыл-Кумское поднятие. В структурном отношении регион является продолжением западного погружения Южного Тянь-Шаня. Он представляет собой складчато-глыбовое сооружение с выходами палеозойского фундамента на поверхность в виде гор, разделенных сравнительно неглубокими синклинальными прогибами, выполненными мезозойскими и кайнозойскими отложениями.

Комплекс отложений, развитый в регионе, сложен двумя структурными этажами: герцинским средне-верхнепалеозойским и альпийским мезозойско-кайнозойским.

Герцинский структурный этаж служит складчатым основанием, на котором залегают меловые и кайнозойские отложения. Породы верхнего структурного этажа, накопившиеся в платформенных условиях, резко отличаются по составу и условиям залегания от геосинклинальных образований герцинского структурного этажа. Внутри платформенного чехла наблюдаются перерывы в отложениях, вызванные слабыми тектоническими движениями. Эти движения завершились слабыми складкообразовательными процессами в конце палеогенового — начале неогенового времени и привели к окончательной смене морских отложений континентальными. Преобладающим развитием здесь пользуются разрывные дислокации, создающие складчато-глыбовое строение территории.

Поднятия носят характер плато и низкогорья с выходами мезозойских отложений, а на отдельных участках — палеозойского фундамента.

Прогибы имеют равнинный рельеф, сформированный в неогеновых и четвертичных отложениях, достигающих мощности нескольких сотен метров.

Регион характеризуется слабым проявлением восходящих и нисходящих движений, амплитуда которых в неоген-антропогеновое время достигала 1,5 тыс. м.

В геоморфологическом отношении регион Кызыл-Кумское поднятие представляет собой область низкогорья с аллювиально-пролювиальными равнинами.

Область состоит из группы небольших горных возвышенностей и размещенных среди них замкнутых котловин (равнин): Кульджуктау, Ауминзатау, Аристантау, Тамдытау, Джетымтау, Букантау и других с отметками около 500—900 м.

Дно котловин покрыто эоловыми песками с отдельными пятнами такыров и солончаков. Котловины имеют относительные превышения бортов над днищами до 50—120 м, абсолютные отметки изменяются от 180 м (Минбулак) до 250 м (Аякагитма).

Из современных геологических процессов развиты солончаки, такыры, оврагообразование, местами оползни, перевевание песков. В местах развития карбонатных пород встречается карст. Пролювиальные наклонные равнины, окаймляя со всех сторон низкогорья, характеризуются аккумулятивным типом рельефа, сложенного песчано-щебенистыми отложениями. С последними связано развитие селевых процессов.

В регионе развиты генетические типы пролювиальных и эоловых четвертичных отложений.

Пролювиальные отложения состоят из грубообломочного материала: щебня, дресвы, валунов, гальки, гравия и песка. Расходы подземных вод в них весьма низкие. Галечники обладают высокими несущими свойствами — до $6 \cdot 10^5$ н/м^2.

Щебень с примесью песка и мелкозема имеет давление от $3 \times \times 10^5$ до $6 \cdot 10^5$ н/м^2. Эоловые отложения состоят в основном из кварцевых песков. Это рыхлые образования, местами полузакрепленные растительностью.

По механическому составу пески мелкозернистые и разнозернистые. Они содержат пылеватые частицы (от 2 до 15%), коэффициент крупности пород 0,5, категория разработки 1, давления на пески принимаются до $2 \cdot 10^5$—$2{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2, развиты процессы развевания. Пески водопроницаемые, но безводные.

Породы *терригенной формации* представлены песчаниково-глинистыми комплексами мелового, палеогенового и неогенового возрастов.

Комплекс песчаниково-глинистых пород мелового возраста распространен в предгорьях всех возвышенностей. Он представлен глинами, алевролитами, песчаниками, песками, реже гравелитами, конгломератами, известняками-ракушечниками. Глины преобладают в нижней части разреза, песчаники и пески в верхней. Мощность пород изменяется от 100 до 800 м. Глины плотные, вязкие, давления на них до $6 \cdot 10^5$ н/м^2 в твердом состоянии и до $4 \cdot 10^5$ н/м^2 в пластичном.

Песчаники разнозернистые, полимиктовые на глинистом и известково-глинистом цементе, в верхних частях разреза рыхлые. Гравелиты и конгломераты состоят из зерен кварца, полевого шпата, известняка на глинистом и известковистом цементе средней и слабой прочности. Комплекс песчано-глинистых отложений палеогенового и неогенового возраста морского и континентального генезиса распространен в предгорьях и бортах бессточных впадин. Он состоит из глин, песчаников, известняков и мергелей общей мощностью 600 м.

Подземные воды, приуроченные к прослоям песчаников и песков залегают на глубине до 45—200 м, они обладают напором и сульфатной агрессивностью.

Образования терригенно-карбонатной формации среднего и верхнего карбона представлены комплексом известняков, конгломератов, песчаников и сланцев; они относятся к группе скальных пород.

Подземные безнапорные воды в них трещинно-карстового типа содержатся в известняках, песчаниках и конгломератах. Они вскрыва-

ются на глубинах 1,2—22,0 м и характеризуются сульфатной агрессивностью.

Наиболее водообильны источники, приуроченные к зонам разломов и карстовым полостям. В песчаниках и конгломератах расходы не превышают десятые доли литра в секунду.

Породы *метаморфической формации* (мощностью до 2300 м) представлены комплексом нижнепалеозойских сланцев и кварцитов с прослоями амфиболитов и мраморизованных известняков. Все породы сильно выветрелые. Обломочная кора выветривания достигает 20—30 м. Известняки метаморфизованные, местами превращены в мраморы, с поверхности сильно выветрелые, трещиноватые. Кварциты сильно выветрелые с поверхности. Песчаники различного состава, местами переходящие в алевролиты, сильно метаморфизованы, трещиноваты.

Сланцы кристаллические, слюдистые, кремнистые и амфиболитовые тонко рассланцованы. Давление на скальные породы превышает $6 \cdot 10^5$ н/м^2.

Подземные воды трещинного типа встречаются во всех породах комплекса, вскрываются на глубине до 50—100 м и обычно являются безнапорными.

Породы вулканогенно-осадочной формации нижнекаменноугольного возраста распространены на северо западе массива Букантау. Комплекс состоит из зеленых известняково-кремнистых и хлорито-кремнистых сланцев с прослоями и линзами кремнистых пород, известняков, гравелитов, песчаников и алевролитов. Эффузивные породы представлены главным образом диабазами, порфиритами, спилитами сильно метаморфизованными с прослоями и линзами кремнистых и карбонатных пород мощностью до 3—5 м.

Подземные воды трещинного типа залегают на глубинах до 50 м Воды в основном сульфатные, агрессивность их не изучена. Из геологических процессов развито активное выветривание.

Породы *интрузивной формации* верхнепалеозойского возраста представлены комплексом гранитного и реже гранодиоритового состава. Комплекс входит в группу скальных пород и распространен на небольших площадях в антиклинальных поднятиях.

Подземные воды зоны открытой трещиноватости залегают на глубине до 50 м, возможна сульфатная агрессивность.

Породы подвержены процессам выветривания с образованием обломочной коры выветривания. Древняя глинистая кора выветривания мощностью от 2 до 15 м сохранилась на интрузивных массивах, где они прикрыты молодыми отложениями

Инженерно-геологические условия региона определяются расчлененным низкогорным рельефом, который чередуется с аллювиально-пролювиальными наклонными равнинами, сложенными пролювиальными и эоловыми отложениями. Низкогорье образовано породами терригенной, терригенно-карбонатной, вулканогенно-осадочной, метаморфической и интрузивной формаций.

На равнинах развиты солончаки, такыры и перевевание песков. Подземные воды, как правило, агрессивные.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Тянь-Шаньских регионов

В результате сложной геологической истории развития региона (оледенений, климатических зон, аккумуляции и денудации и др.) сформировались его инженерно-геологические условия в современном их виде.

Геологическое строение Южно- и Средне-Тянь-Шаньских зон определяется распространением формаций осадочных пород палеозоя и мезозоя, а также метаморфических и магматических образований архея. В Северном Тянь-Шане в восточной половине доминируют метаморфические и магматические, а в южном — осадочные формации с широким развитием пород третичного возраста. Широко развиты ледниковые отложения. Во впадинах распространены преимущественно молассовые образования, а лёссовидные и аллювиальные отложения оконтуривают Каратау.

В геоморфологическом отношении Тянь-Шань представляет собой горы с альпийским рельефом и нагорья. Их разделяют области устойчивых опусканий с плоскогрядовыми аллювиальными и озерно-аллювиальными равнинами. Широко развиты обвалы, осыпи, курумы, оползни и карст, а также просадочность лёссов во впадинах, снежные лавины, сели и мерзлотные процессы. Подземные воды региона характеризуются в горной части распространением ультраосновных, пресных и местами соленых холодных и термальных вод. В мощных толщах известняков и мраморов много карстовых подземных вод. Во впадинах распространены напорные пресные воды.

Климат региона недостаточно влажный с умеренно теплым летом и умеренно суровой малоснежной зимой. В предгорьях он сухой с очень теплым летом и умеренно мягкой зимой. Температура воздуха в январе изменяется от минус 7 до минус 20°, а в июле от 16 до 25°. Снег держится в горах до 160 дней, в предгорьях 40—80 дней находится в стадии активных новейших поднятий и локальных опусканий, в связи с чем здесь в горной части проявляются снежные лавины, эрозионные оползневые, осыпные и карстовые процессы, а в зоне опусканий сели и развевание.

Н. РЕГИОНЫ АЛТАЕ-САЯНСКИЕ

Данные регионы, ограничиваясь глубинными разломами от Зайсанской и Байкальской складчатых систем, располагаются на юге Сибири и включают: складчатые зоны Кузнецкого Алатау и Западного Саяна, Салаирскую складчатую зону и Кузнецкий прогиб, Чулымо-Енисейскую, Минусинскую и Тувинскую впадины и Тувино-Монгольский массив.

Фундамент регионов сложен породами метаморфической, терригенной, карбонатной и вулканогенной формаций большой мощности, а также интрузивной — от основного до кислого состава. Характерно резкое несоответствие структуры фундамента и геосинклинального комплекса, который развивался в период от позднего протерозоя до позднего палеозоя. Последний представлен тремя структурными ярусами, два из которых сформировались в стадии опускания, а третий в стадию инверсии.

Первый ярус (поздний протерозой — средний кембрий) представлен породами вулканогенной, терригенной, карбонатной и интрузивной формаций.

Второй ярус (средний кембрий — силур) выражен породами флишевой, флишоидной, а также интрузивной формации кислого состава.

Третий ярус подразделяется на два подъяруса (девон—визе) и (намюр—пермь), формировавшийся в стадии поднятия и континентальных условий осадкообразования. В этот период образовались породы молассовой, красноцветно-терригенной, вулканогенной и интрузивной формаций от кислого до основного состава.

Орогенные структуры, возникшие после завершения геосинклинальных процессов, также подразделяются на два яруса. Первый (триас, юра, ранний мел) отвечает периоду существования системы в виде приподнятого пенеплена и характеризуется отложениями угленосных толщ в мульдах, а также излиянием малых интрузий диабазов, а в Кузбассе — траппов.

Второй (поздний мел до настоящего времени) отличается развитием межгорных впадин, заполнявшихся континентальными породами терригенной, пестроцветной и угленосной формаций с одновременными поднятиями и интрузиями базальтового состава.

Геосинклинальное развитие Саяно-Алтайской складчатой системы началось с общего прогибания территории и накопления пород карбонатной и кремнисто-вулканической формации. К концу силура в Саяно-Алтайской геосинклинали сформировались системы крупных антиклинориев и синклинориев. С девона появились глыбовые движения с образованием горных впадин и прогибов, разделенных поднятиями. В девоне возникла Минусинская впадина и Восточно-Саянские и Кузнецко-Шорские горные поднятия.

В триасе Саяно Алтайская система вступила в орогенную фазу развития и осадконакопление прекратилось. Исключение составляет Кузнецкий прогиб.

К началу юры поднятия были сильно выровнены. В позднем мелу орогенические движения активизируются. В палеогене возникли межгорные впадины. В неогене происходит рост горных сооружений (продолжающийся и поныне) и одновременное медленное опускание минусинских впадин (возникли новые впадины — Тувинская и др.).

Алтае-Саянская система характеризуется сравнительно высокой сейсмичностью (до 7—8 баллов).

Климат региона умеренно континентальный. Безморозный период составляет от 75 до 125 дней, средняя температура января от —18 до —30°, средняя температура июля от +18 до +25°. Годовое количество осадков колеблется от 400 до 1200 мм в горах. Снеговой покров имеет высоту от 10—30 см до 1,5—2 м и держится от 180 дней на равнинах и до 300 дней в затененных понижениях рельефа.

В горах на высоте более 2000 м развита островная многолетняя мерзлота с температурами пород на глубине 10—15 м около 0° и мощностью до 15 м.

Гидрографическая сеть регионов густая. Питание рек снеговое, дождевое и за счет выклинивания подземных вод. Долины рек на равнинах широкие Максимальные расходы наблюдаются с мая по сентябрь. В равнинной части развиты озера с горько-соленой водой.

Регион 42. Складчатые зоны Кузнецкого Алатау и Западного Саяна. Регион представляет собой сложное складчатое сооружение, сформировавшееся в салаирскую фазу нижнепалеозойской складчатости и включает Кузнецкий Алатау и Западный Саян.

В геоморфологическом отношении регион является областью развития Алатае-Саянских разновысотных эрозионно-тектонических гор, сложенных преимущественно дочетвертичными породами, отложившимися в геосинклинальных условиях вулканогенно-осадочной, метаморфической, вулканогенной, терригенной, карбонатной, флишевой, молассовой и интрузивной формациями. Породы сильно дислоцированы, разбиты разломами и прорваны интрузиями кислого состава. Рельеф Западного Саяна интенсивно расчленен. Вершины, изрезаны каррами, трогами, цирками, развиты крутые склоны, широко распространены процессы выветривания, трещиноватость, обвалы, осыпи, карст, сели, а по долинам рек — оползни.

Четвертичные отложения региона развиты слабо, а *ледниковые* — представлены наиболее распространенным комплексом пород горно-долинного оледенения. В их строении основную роль играют морены, состоящие из валунных и галечных, плохо отсортированных супесей и суглинков. Суглинки и супеси неслоистые, монолитные, очень плотные, слабо сжимаемые, обладают высоконесущей способностью, относятся к инженерно-геологической группе связных пород с включением обломочных. Песчано-гравийные и галечные линзы обводнены.

Породы молассовой формации (средне-верхнекембрийские) представлены комплексом конгломератов, песчаников и сланцев с туфами и туфопесчаниками, относящимися к инженерно-геологической группе полускальных пород, имеют массивное сложение и однородны по прочности. Сланцы выветриваются наиболее глубоко (до 4—6 м), песчаники не более 1 м. Развиты осыпи.

Породы флишевой формации ордовика—силура слагают обширные площади в Западном Саяне. Это комплекс зеленоцветных песчаников, гравелитов, алевролитов и филлитизированных глинистых сланцев, ритмично чередующихся в разрезе. Основная порода кварц-полевошпатовые песчаники мелко- и среднезернистые, цемент базальтовый. Песчаники обладают высокой прочностью: сопротивление сжатию сухих образцов 10^8—$1{,}5 \cdot 10^8$ н/м^2 и незначительно снижается после замораживания и оттаивания. Конгломераты и гравелиты слагают прослои среди песчаников. Цемент базальный. Песчаники полимиктовые. Конгломераты и гравелиты прочные, массивные, устойчивые на склонах.

Алевролиты обычно залегают в толще песчаников редкими маломощными прослоями (0,5—2 м) и при выветривании распадаются на плоские плитки и мелкую остроребернyю щебенку, образующую на склонах подвижные осыпи мощностью свыше 3 м. Глинистые филлитизированные сланцы встречаются тонкими прослоями от 25—30 см до 1,5 м. Они легко и быстро выветриваются. Глубина выветривания больше, чем песчаников и алевролитов. На крутых склонах образуются щелевидные промоины. Породы формации относятся к инженерно-геологической группе полускальных, слабо обводнены. Подземные воды приурочены к зонам выветривания и повышенной трещиноватости, обладают сульфатной агрессией.

Породы карбонатной формации широко распространены в регионе. Протерозойский (синий) комплекс представлен известняками, их прочность в воздушно-сухом состоянии колеблется от $4 \cdot 10^7$ до $6 \cdot 10^7$ н/м^2. Известняки трещиноваты, интенсивно развиты зоны тектонических нарушений. Мощные осыпи образуются в основании склонов, сложенных тонкослоистыми известняками. Широко развиты карстовые формы. К закарстованным площадям приурочены обильные трещинно-карстовые воды с дебитом до сотен литров в секунду. Наиболее стойкими по отношению к выветриванию являются мелкозернистые кремнистые массивные их разности, а наиболее легко выветриваются крупнозернистые кристаллические известняки.

Мощность элювиальной зоны не более 2 м. Широко развитые здесь карстовые формы представлены мелкими порами, кавернами и огромными карстовыми пещерами, протяженностью до нескольких километров.

Подземные воды носят трещинно-карстовый характер, безнапорные, водообильность их высокая, обладают выщелачивающей агрессивностью.

Породы *метаморфической формации* протерозоя представлены комплексом сланцев серицито-хлорито-альбито-кварцевого и карбонат-хлорито-серицито-кварцевого состава с редкими (до 50 м) линзами

мраморов. Прочность пород высокая, в направлении, перпендикулярном сланцеватости, достигает у сухих образцов $45 \cdot 10^6$—$60 \cdot 10^6$ н/м^2, у водонасыщенных не более $25 \cdot 10^6$—$30 \cdot 10^6$ н/м^2. В зонах контактов с интрузиями сланцы ороговикованы. Роговики очень прочные, временное сопротивление раздавливанию их по сланцеватости $7 \cdot 10^7$—$8 \cdot 10^7$ н/м^2, вкрест сланцеватости более 10^8 н/м^2. Метаморфические сланцы трещиноваты, нередки зоны тектонического дробления мощностью от 5 до 200 м. Мощность щебенистой выветрелой зоны на склонах крутизной 18—20° равна 1,5—2,0 м, в тектонических зонах 12—15 м. Подземные воды связаны с верхней зоной открытой трещиноватости, агрессивностью не обладают. Развиты осыпи и обвалы.

Породы вулканогенно-осадочной формации широко распространены в регионе. Они включают туфогенный комплекс нижнего и среднего кембрия, который имеет преимущественно зеленый оттенок. Это туфы, туфопесчаники, туфоконгломераты, полимиктовые песчаники, алевролиты и аргиллиты общей мощностью 2000 м. Туфы интенсивно трещиноваты, выветриваются на глубину до 5 м, их прочность в воздушно-сухом состоянии $125 \cdot 10^6$ н/м^2, в водонасыщенном — $85 \cdot 10^6$ н/м^2. Прочность осадочных пород также велика, элювиальный покров на них достигает 12 м. Данный комплекс распространен в верховьях рек Казыра и Кизира. Он представлен здесь толщей переслаивающихся полимиктовых песчаников и сланцев с кристаллическими известняками и покровами туфов. Известняки очень плотные, окремнелые, их прочность до 10^8 н/м^2, они практически не сжимаются. Карст развит локально. Элювий известняков имеет мощность не более 1—1,5 м. Порфириты крепкие, сильно окварцованные, всегда рассланцованные, в зонах нарушения сильно трещиноваты и ослаблены.

В Западном Саяне развит нижнекембрийский вулканогенно-осадочный комплекс. Наиболее прочными в нем являются кварциты, образующие маломощные прослои. Их прочность более $2 \cdot 10^8$ н/м^2. Кварциты слабо выветриваются. Туфы и туфобрекчии также имеют высокую прочность, они морозоустойчивы. У водонасыщенных образцов величина временного сопротивления сжатию превышает $16 \cdot 10^7$ н/м^2. Терригенные породы представлены туфопесчаниками, полимиктовыми и полевошпато-кварцевыми песчаниками, массивными, очень прочными, крепкими, выдерживающими большую нагрузку.

Сланцы глинисто-кремнистые, углисто-кремнистые и глинистые, залегающие пачками, легко выветриваются, распадаясь на мелкую плоскую щебенку. Крутизна эрозионных склонов в них редко превышает 26—30°. Эффузивы представлены диабазами, кератофирами и порфиритами — рассланцованными и зеленокаменно измененными. Подземные воды в них связаны с трещиноватостью и обладают сульфатной агрессивностью. Все породы эффузивно-осадочной формации слабо выветрелые, осыпи на них развиты незначительно. Породы сохраняют вертикальные откосы. На восточном склоне Кузнецкого Алатау широко распространен орогенный комплекс пород вулканогенно-осадочной формации. Он представлен чередованием кислых, средних и основных эффузивов и их туфов с осадочными породами — конгломератами, песчаниками, кремнистыми сланцами, известняками и доломитами. Наиболее прочны порфириты и базальтовые порфириты, которые имеют прочность более $13 \cdot 10^7$ н/м^2, даже в водонасыщенном состоянии.

Меньшей прочностью обладают порфириты. Их прочность в воздушно-сухом состоянии не более $70 \cdot 10^6$—$75 \cdot 10^6$ н/м^2, но очень незначительно снижается при водонасыщении и после 40 циклов замораживания.

вания и оттаивания ($54 \cdot 10^6$—$60 \cdot 10^6$ н/м^2). Массивы эффузивов слабо трещиноваты, слабо выветриваются. Мощность элювия, состоящего из обломков с дресвянистым заполнителем, не более 1—1,5 м. На пологих склонах они образуют курумы. Сланцы кремнистые, кремнисто-глинистые, сильно хлоритизированные, плотные, легко выветриваются, распадаясь на плитки толщиной от 10 до 1 см. В невыветрелом состоянии их прочность достаточно велика. Песчаники обладают прочностью до 10^8 н/м^2 в воздушно-сухом состоянии, которая не снижается при водонасыщении и замораживании. Трещиноватость невысокая. Конгломераты имеют меньшую прочность при водонасыщении, которая составляет $20 \cdot 10^6$—$25 \cdot 10^6$ н/м^2.

Породы вулканогенной формации нижнего, среднего и верхнего кембрия представлены двумя комплексами. Первый — нижнекембрийский спилито-кератофировых пород соответствует нижнемонокской свите Западного Саяна и кондомской свите Кузнецкого Алатау. Он сложен спилитами, кератофирами и порфиритами с прослоями мраморов и известняков общей мощностью до 2500 м, на отдельных участках породы рассланцованы, изменены. Породы имеют высокую прочность при сжатии 10^8 н/м^2 Эффузивы в зонах тектонических нарушений сильно трещиноваты, ослаблены, перемяты и раздроблены до брекчии. Мощность таких зон может достигать 150 м. На поверхности эффузивов образуется мелкощебенистая масса мощностью не более 1,5 м. Известняки в данном комплексе очень плотные, окремнелые и имеют прочность до 10^8 н/м^2 в сухом состоянии. Карст развит слабо. Второй — порфиритовый комплекс среднего—верхнего кембрия широко распространен на междуречье Казыра и Кизира. Для комплекса характерно чередование кислых, средних, основных эффузивов и их туфов. Преобладают покровы андезитовых, диабазовых и пироксеновых порфиритов, встречаются прослои кремнистых сланцев и реже известняков до 20—30 м. Порфириты в воздушно-сухом состоянии имеют прочность $1{,}2 \cdot 10^8$ н/м^2, а в водонасыщенном, после 40-кратного замораживания и оттаивания — $7 \cdot 10^7$ н/м^2. Степень трещиноватости массивов невелика. Образующийся элювиальный покров состоит из обломков и дресвяной щебенки и имеет мощность не более 1,5 м. В этих породах развиты осыпи и обвалы. Подземные воды связаны с верхней трещиноватой зоной, обладают нередко гидрокарбонатной агрессивностью.

Породы интрузивной формации представлены комплексом гранитов, плагиогранитов и гранодиоритов. Наименьшей прочностью (не более $4 \cdot 10^7$ н/м^2) обладают фельдшпатизированные породы гранитного состава, наибольшей — микроклиновые граниты, особенно пегматоидные, прочность которых даже в водонасыщенном состоянии превышает 10^8 н/м^2. Самыми прочными породами формации следует считать габбро, габбро-нориты и габбро-диориты, прочность которых в воздушно-сухом состоянии равна $13 \cdot 10^7$ н/м^2. Породы водо- и морозоустойчивы, развиты обвалы. Наибольшему выветриванию подвержены крупнозернистые лейкократовые граниты, наименьшему — габбро и диориты.

Инженерно-геологические условия региона определяются расчлененностью рельефа, интенсивными молодыми неотектоническими подвижками (5—12 см в год), преобладанием крутых склонов и широким распространением дочетвертичных, высокопрочных дислоцированных пород вулканогенно-осадочной, вулканогенной метаморфической, флишевой и молассовой формаций, а также развитием обвальных, осыпных и карстовых процессов, наличием участков многолетнемерзлых пород и проявлением землетрясений силой до 6—7 баллов.

Регион 43. Салаирская складчатая зона с Кузнецким прогибом. В пределах региона выделяется две структурно-тектонические зоны: Салаирский антиклинорий и Кузнецкий прогиб.

Салаирский антиклинорий — это система складчатых структур и параллельных разломов, образующих выпуклую к северо-востоку дугу, формирование которой началось в раннекаледонскую фазу тектогенеза. Кузнецкий прогиб, расположенный между Томь-Колыванью, Салаиром и Кузнецким Алатау, представляет собой своеобразную разнородную тектоническую депрессию. На разных стадиях своего развития он представлял внешний геосинклинальный прогиб, который впоследствии развивался как межгорная (с элементами предгорной) впадина. Формирование впадины началось в каледонскую фазу тектогенеза.

Регион включает две геоморфологические области, денудационно-тектонические равнины Кузбасса и денудационно-складчато-глыбовое низкогорье Салаира, Горной Шории и Алтая.

Область денудационно-тектонических равнин Кузбасса является межгорной наклонной равниной, в пределах которой развит эрозионно-аккумулятивный рельеф. В целом это слабо всхолмленная возвышенная равнина, расположенная на высоте 150—520 м. Оиа глубоко расчленена долинами рек и логов, образующих здесь густую сеть. Общий наклон поверхности осуществляется с ЮВ на СЗ. Амплитуда эрозионного вреза не более 100—150 м, редко достигает 230 м. Долины рек, особенно крупных (Томь, Иня, Язь), широкие (до 10—20 км), глубоко врезанные в докайнозойские породы. Область слагают терригенные, терригенно-карбонатные и молассовые отложения. Развита эрозия.

Область денудационно-складчато-глыбовых гор включает увалисто-холмистые низкогорья Салаира, Горной Шории и Алтая. Салаирский кряж не имеет типично-горного облика. Это плато расчленено многочисленными долинами и балками на холмы, увалы и столовые водораздельные участки. Абсолютные отметки его колеблются в пределах 400—470 м над уровнем моря. Долины рек западного склона хорошо разработаны. Салаирский кряж сложен сильно дислоцированными палеозойскими породами На восточном склоне его широко развита обломочно-глинистая кора выветривания, приуроченная к понижениям палеозойского фундамента. Водораздельные пространства покрыты делювиальными суглинками мощностью от 0 до 40 м. В регионе наиболее широко распространены отложения метаморфической, вулканогенно-осадочной, карбонатной и терригенно-карбонатной формаций.

Элювиально-делювиальные отложения региона развиты в центральной части Салаира, на пологих склонах широких логов и плоских водоразделов. Их мощность от нескольких сантиметров до 40 м и более. На возвышенностях и крутых склонах рыхлые отложения полностью отсутствуют или имеют незначительную мощность. Суглинки и глины содержат значительное количество окислов железа. Отложения относятся к инженерно-геологической группе глинистых пород с обломочными. В них заключена верховодка. Глубина залегачия ее от 0 до 10 м Агрессивность вод не изучена. Элювиально-делювиальные отложения в пределах Салаира и Кузнецкой впадины представлены комплексом лёссовидных пород и лёссов — это не слоистые глины, суглинки, супеси, слабо сортированные с включением мелких обломков пород. Лёссовидные суглинки имеют природную влажность от 17,1 до 24,3%, плотность от 2,61 до 2,65 кг/м^3, пористость от 36 до 40%, объемную массу от 1,97 до 1,98 кг/м^3, коэффициент пористости от 0,561 до 0,660; степень водонасыщенности от 0,79 до 0,96%, число

пластичности от 13 до 14. Супесь лёссовидная имеет природную влажность 17,68—19,74%, плотность 2,62—2,64 кг/м³, объемную массу 1,99—2,05 кг/м³, пористость 35—37%, коэффициент пористости 0,540—0,581, предел текучести 21,0—25,0 г/см³, предел раскатывания 16,0—17,0 г/см³; число пластичности 3—4; степень водонасыщенности 0,82—0,96 г/см³; вскрытая мощность 4,0 м. На водораздельных участках и высоких склонах лёссовидные суглинки и супеси просадочные, наблюдается верховодка. Элювиально-делювиальные отложения центральной части представлены комплексом лёссовидных супесей и глин, которые относятся к инженерно-геологической группе лёссовидных пород. *Покровные лёссовидные суглинки* макропористые, плотные, слюдистые, участками ожелезненные с погребенными почвами. Они характеризуются содержанием песчаной фракции — от 0 до 45% (ср. 22), пылеватой фракции от 43 до 80% (ср. 65), глинистой фракции от 15 до 45% (ср. 30). Пределы пластичности и число пластичности варьируют в интервале: предел текучести 27—45% (ср. 39), предел раскатывания 15—26% (ср. 20), число пластичности 10—21 (ср. 19), плотность суглинков 2,19—2,77 кг/м³, объемная масса скелета грунта 1,26—2,05 кг/м³ (ср. 1,60), при пористости, равной 37—52% (ср. 46%), коэффициент уплотнения 0,51—2,08 (ср. 0,80). Модуль осадки при нагрузке 2 и 3 кг равен 20,0 и 40,1 мм. Коэффициент относительной просадочности изменяется от 0 до 0,15.

Лёссовидные суглинки имеют угол внутреннего трения 18—32°, силу сцепления $0{,}18 \cdot 10^5$ н/м². Содержание водорастворимых солей в них колеблется от 0,3 до 0,18%, величина набухания от 0,05 до 13%. Для просадочных лёссовидных суглинков характерно быстрое разрушение. Суглинки глинистые неслоистые, некарбонатные содержат включения дресвы и щебня. Количество глинистых частиц составляет 27—39%, пылеватых 63—47%, песчаных 10—15%. Плотность колеблется от 2,65 до 2,75 г/см³, пределы текучести от 39 до 41%, предел раскатывания от 20 до 33%, число пластичности от 16 до 19, показатель консистенции равен 0,18, средняя естественная влажность 26,5%. Угол внутреннего трения составляет — 25—28°, сила сцепления $0{,}156 \cdot 10^5$—$0{,}125 \cdot 10^5$ н/м², объемная усадка равна 10%, предельная величина набухания изменяется от 0,575 до 1,1%, содержание водорастворимых солей колеблется от 0,04 до 0,07%. Суглинки относятся к породам средней плотности, слабо сжимаемы, а по коэффициенту относительной просадочности и макропористости относятся к категории непросадочных и немакропористых.

Суглинки (на террасах рек) являются породами некарбонатными с включением гальки и гравия, с погребенными почвами. Содержание глинистой фракции в них колеблется от 21 до 33% (ср. 27%), пылеватой от 42 до 70% (ср. 68), песчаной от 6 до 30% (ср. 15%). Пределы пластичности варьируют в широких пределах. С лёссовидным комплексом пород связано заболачивание поймы и надпойменных террас крупных рек.

Породы терригенной (верхняя красноцветная) *формации* ордовика представлены комплексом глинистых сланцев, аркозовых песчаников, конгломератов и относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород. С этими отложениями связаны осыпи. Подземные воды заключены в верхней трещиноватой зоне.

Породы угленосной формации сложены комплексом юрских песчаников (слабо сцементированных), алевролитов с пластами бурого и каменного угля, конгломератов. По прочностным показателям эти породы относятся к инженерно-геологической группе полускальных глинистых с обломочными пород.

Породы терригенно-карбонатной формации морского генезиса относятся к кембрию и ордовику — силуру. Они представлены комплексом известняков, мергелей, сланцев глинистых, алевролитов и аргиллитов, которые относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород. К инженерно-геологической группе скальных пород относятся кембрийские отложения Салаира, представленные комплексом известняков, кремнистых сланцев, доломитов и песчаников с линзами яшм. Породы обводнены по трещинам, развиты обвалы, карст.

Породы карбонатной формации состоят из морских отложений верхов нижнего кембрия и верхнего силура салаирско-каледонского структурного этапа. Первый комплекс представлен известняками, мраморами, доломитами, песчаниками и относится к инженерно-геологической группе скальных пород. Второй комплекс представлен известняками, мергелями, песчаниками, известковистыми сланцами и относится к инженерно-геологической группе полускальных пород. Известняки интенсивно закарстованы. Подземные воды залегают на глубинах более 10 м, обладают выщелачивающей агрессивностью.

Породы метаморфической формации объединяют регионально-метаморфизированные отложения кембрия — ордовика, представленные комплексом флишевидной толщи глинистых сланцев, дислоцированных песчаников, конгломератов и алевролитов. Эти отложения относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород, устойчивых к выветриванию.

Породы вулканогенно-осадочной формации характеризуются развитием осадочных отложений, перемежающихся с эффузивами и их туфами. Морские отложения нижнего и среднего кембрия (салаирско-каледонский структурный этаж) представлены комплексом порфиритов, эффузивов и их туфов, а также туфогенных песчаников и известняков.

Континентальные отложения нижнего и среднего девона состоят из эффузивов с красноцветными песчаниками. Эти образования обладают высокими прочностными показателями и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. В них развиты осыпи и обвалы.

Инженерно-геологические условия региона определяются сравнительно сложными рельефными условиями, проявлением новейших тектонических движений, развитием толщи просадочных лессовых пород на дочетвертичных отложениях вулканогенно-осадочной формации, широким распространением просадочных явлений, подмывом берегов, эрозией и просадками. Сейсмичность оценивается в 5—6 баллов.

Регион 44. Чулымо-Енисейская, Минусинская и Тувинская впадины. Регион представляет собой обширные аккумулятивные равнины, имеющие волнистую поверхность с отметками от 100 до 700 м.

В регионе выделяются три геоморфологические области: Чулымо-Енисейская озерно-аллювиальная равнина, Минусинская впадина — область аккумулятивных равнин, куэстовых гряд, холмов и межкуэстовых понижений, и Тувинская межгорная котловина.

Область Чулымо-Енисейской озерно-аллювиальной равнины расположена в северной части региона. Она имеет отметки от 30 до 70 м. На юге, вблизи горных отрогов, они увеличиваются до 500 м и более. Равнина густо расчленена на глубину от 50 до 100 м. Уклон поверхности наблюдается к северо-западу, где в этом же направлении резко уменьшается ее эрозионное расчленение. Водораздельные пространства покрыты озерно-аллювиальными отложениями. Развито заболачивание, долины рек выполнены аллювиальным комплексом пород. Верхний горизонт надпойменных террас сложен лёссо-

видными суглинками и супесями, способными давать просадки при замачивании. Склоны долин подвержены оползневым подвижкам. Для пониженных участков характерно заболачивание территории.

Минусинская впадина — область аккумулятивных равнин, куэстовых гряд, холмов и межкуэстовых понижений. Равнинная часть ее расположена в пределах Назаровской и Балахтинской впадин, а также в восточной части Южно-Минусинской впадины с отметками от 350 до 520 м. Равнины глубоко расчленены (до 50—150 м), склоны логов пологие, борта устойчивы, задернованы сложены делювиальными отложениями. Крутизна склонов колеблется от 1—3 до 35°. В пределах Назаровской впадины развиты лёссовидные породы мощностью до 10 м. Холмистые и увалистые плато совпадают с площадью распространения эффузивно-осадочных пород. Участки куэстовых гряд, холмов и межкуэстовых понижений охватывают в основном Чебаково-Балахтинскую и Сыдо-Ербинскую впадины с отметками от 350 до 500 м и глубиной расчленения рельефа от 50 до 100 м. Куэстовые гряды в виде вытянутых цепей тянутся на многие километры, а понижения между ними имеют выровненную поверхность, выполненную аллювиально-пролювиальными лёссовидными отложениями. Вблизи горных районов куэсты крутые (40°), нарушены разломами. Склоны подвержены осыпанию и оползневым подвижкам.

Область Тувинской межгорной котловины расположена в южной части региона. Она имеет сравнительно широкие долины с крутыми склонами террас. Русла рек меандрируют с образованием множества рукавов. В пониженных участках сосредоточены бессточные горько-соленые озера. Абсолютные отметки котловины составляют 400—600 м. Наряду с аккумулятивными равнинами большие площади занимают холмисто-увалистые и куэстовые массивы с абсолютными отметками водоразделов до 700 м. Область слагают породы от девона до современного возраста. Эти образования представлены терригенными и вулканогенно-осадочными породами, перекрываемые неогеновыми супесями, суглинками, песками, щебнем, дресвяниками, а также аллювиальными, делювиальными, ледниковыми и флювиогляциальными отложениями.

Регион выполнен рыхлыми и сцементированными породами палеозойского и мезо-кайнозойского возраста, почти повсеместно перекрытыми четвертичными отложениями.

Четвертичные породы региона представлены аллювиальными, озерно-аллювиальными и флювиогляциальными генетическими типами.

Аллювиальные отложения Чулымо-Енисейской впадины слагаются разнозернистыми песками и супесями, которые перекрываются сверху лёссовидными суглинками мощностью 5—10 м. Подземные воды залегают на глубинах от 0 до 10 м. Агрессивность их не изучена. Пески имеют плотность 2,74 кг/м^3, объемную массу 1,64 кг/м^3, пористость 40%, коэффициент пористости 0,67, коэффициент трения 0,5, сцепление 0, коэффициент фильтрации 8,54 м/сут. Плотность суглинков зависит от минерального состава и колеблется от 2,62 до 2,72 кг/м^3. Объемная масса грунтов варьирует от 1,5 до 1,7 т/см^3. Легкие пылеватые суглинкн имеют типичную для лёссовидных пород столбчатую отдельность и вертикальные трубчатые канальца. Суглинки слабо слюдистые повсеместно карбонатизированы. Коэффициент пористости 0,799—0,856, а коэффициент сжатия $21 \cdot 10^{-8}$—$42 \cdot 10^{-8}$ м/н^2. При замачивании суглинки обнаруживают просадочные свойства. Супеси имеют рыхлое сложение, большую пористость, в сухом состоянии обладают

высокой связностью, легко размываются. Кроме того, при увлажнении они становятся просадочными и быстро размокают в воде.

Для лёссовидных суглинков и супесей мощностью от 5—10 (Чулым) до 20—30 м (Енисей) характерны: высокая пористость, быстрая размокаемость и размываемость, значительная сжимаемость и просадочность на отдельных площадях. Галечники могут воспринимать давление от сооружений в пределах $5 \cdot 10^5$—$8 \cdot 10^5$ н/м^2. Аллювиальные отложения, развитые в верховьях рек Енисея и Абакана, представлены комплексом слоистых валунно-галечниковых пород, хорошо окатанных, с линзами старичных глин и суглинков. Комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе крупнообломочных пород. Отложения обводнены, агрессивность вод не изучена. В верхней части аллювия залегают пылеватые лёссовидные супеси и суглинки мощностью до 25—50 м.

Затруднения при строительстве вызывают просадочные лёссовидные породы. Особенно опасны просадки в сочетании с суффозией при попадании промышленных и сточных вод в лёссовидные породы. Это приводит к возникновению пустот до 3 м в диаметре. В настоящее время строительство на лёссовидных породах переведено на свайные фундаменты. Длина свай от 5 до 12 м.

Озерно-аллювиальные отложения региона представлены комплексом тяжелых суглинков Чулымо-Енисейской впадины, оглеенных с поверхности, включающих линзы плотного торфа. В естественном состоянии для них характерна пластичная консистенция. Объемная масса их равна 1,9 кг/м^3 при естественной влажности 25—30% и пористости 45—50%. Породы слабо и среднесжимаемы, сцепление небольшое $0{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2, угол внутреннего трения составляет 15—20°. В бортах выемок развиты многочисленные оплывины и эрозионные процессы.

Флювиогляциальные отложения горно-долинного оледенения сложены комплексом песков и галечников с валунами. Они относятся к инженерно-геологической группе песчаных с крупнообломочными пород. Комплекс имеет мощность более 10 м. Флювиогляциальные отложения предгорных долин и межгорных впадин отличаются большой фациальной изменчивостью. В целом — это переслаивание песков, лёссовидных супесей, суглинков и глин.

Отложения с поверхности носят лёссовидный характер; они пористые и макропористые, с неясной тонкой горизонтальной слоистостью, обусловленной прослойками и линзами песчаного материала.

Естественная влажность лёссовидных супесей в зависимости от глубины залегания грунтовых вод изменяется от 5 до 22%, пористость от 45 до 55%. При давлениях в $3 \cdot 10^5$ н/м^2 они характеризуются просадочностью. В составе комплекса преобладают пески мелко- и тонкозернистые, карбонатные, с большой пористостью (48—53%) и малой объемной массой (1,3—1,4 кг/м^3). Несущая способность их составляет $3 \cdot 10^5$—$4 \cdot 10^5$ н/м^2.

Породы терригенной *красноцветной формации* девона представлены комплексом пестрых и красноцветных песчаников, конгломератов, алевролитов, аргиллитов и известняков, образующих пласты различной мощности. Песчаники мелко- и среднезернистые, их прочность определяется составом и типом цемента (железистый, карбонатно-железистый и карбонатный). Временное сопротивление на сжатие песчаников с железистым и железисто-карбонатным цементом $60 \cdot 10^6$—$95 \cdot 10^6$ н/м^2 в воздушно-сухом состоянии и $57 \cdot 10^6$—$81 \cdot 10^6$ н/м^2 в водонасыщением. Прочность известковистых песчаников в воздушно-сухом состоянии $3 \cdot 10^7$—$6 \cdot 10^7$ н/м^2, в водонасыщенном — $28 \cdot 10^6$—$81 \cdot 10^6$ н/м^2. После многократного замораживания и оттаивания прочность их

уменьшается вдвое, что объясняется наличием трещиноватости и прослоев слабых аргиллитов. Выветриваются песчаники слабо.

В верхней трещиноватой зоне заключены грунтовые воды, агрессивностью не обладающие.

Высокой прочностью (сопротивления сжатию до $7 \cdot 10^7$ н/м^2) обладают известняки водорослевые и ракушечниковые, мелкозернистые, монолитные. Их прочность практически не снижается после многократного замораживания.

Данный комплекс относится к инженерно-геологической группе полускальных глинисто-обломочных с карбонатными пород. В массиве известняки слабо выветрелы. Мощность элювиальной зоны несколько метров. Предельно устойчивые склоны при высоте 35—40 м имеют крутизну до 30—36°. Небольшие осыпи отмечаются на склонах крутизной 36—38°, а при крутизне 70—75° наблюдаются обвалы. Известняки водоносны. Характерно развитие трещинно-карстовых вод. Алевролиты и аргиллиты отличаются более пониженными физико-механическими показателями. Их временное сопротивление сжатию равно $20 \cdot 10^6$—$25 \cdot 10^6$ н/м^2. Породы легко выветриваются, что приводит к накоплению элювиально-делювиальных отложений мощностью до 5 м, которые обладают просадочными свойствами и быстро размокают. На склонах развиты крупные подвижные осыпи. Крутизна устойчивых делювиальных склонов на песчаниках составляет 30—35°, а на аргиллитах 20°.

К породам красноцветной формации приурочены трещинно-пластовые, безнапорные, неагрессивные подземные воды, залегающие на глубинах 20—50 м.

Породы терригенной (угленосной) формации Минусинской впадины включают два геолого-генетических комплекса отложений: пермокаменноугольный и юрский.

Первый — развит на незначительных участках Южно-Минусинской впадины и с поверхности перекрыт флювиогляциальными отложениями. В комплексе преобладают глины и песчаники. Объемная масса глин колеблется от 2,1 до 2,4 г/см^3, а пористость от 22 до 30%. Показатель текучести изменяется в пределах от 36 до 45%, пластичность от 20 до 33%, а число пластичности от 12 до 16. Угол внутреннего трения составляет 12—14°, сцепление равно $0{,}9 \cdot 10^5$—$1{,}1 \cdot 10^5$ н/м^2, сжимаемость 0,0—$7 \cdot 10^{-8}$ н/м^2. Песчаники средние и крупнозернистые гравелистые и конгломератовидные, на глинистом цементе. Их прочность составляет $6 \cdot 10^7$—$9 \cdot 10^7$ н/м^2 в воздушно-сухом состоянии и $4 \cdot 10^7$—$6{,}5 \cdot 10^7$ н/м^2 в водонасыщенном. Песчаники быстро разрушаются при выветривании с образованием подвижной щебенистой песчаной осыпи. Угли трещиноваты и водоносны в погруженных частях.

Комплекс отложений угленосной формации юры выполняет центральную часть Назаровской впадины и Балахтинскую мульду. Он представлен песками, рыхлыми песчаниками с прослоями и пластами бурых углей, глин, алевролитов и аргиллитов. Подчиненное положение занимают прослои конгломератов и галечников. Рыхлые песчаники составляют 80% объема формации. Пески разнозернистые, плохо отсортированные, глинистые, легко размываемые, образуют при водонасыщении плывуны, а при откосах более 36—38° и высоте 30—50 м осыпаются, создавая мощные осыпи (Южный борт Назаровского буроугольного карьера). При увлажнении образуются осовы, о чем свидетельствует быстрый рост оврагов. Глины плотные, имеют объемную массу 1,9—2,1 кг/м^3, пористость 43—45%, пластичные. Залегая среди водоносных песков, они способствуют возникновению оползневых подвижек в откосах и на склонах крутизной более 15°. Пласты углей гу-

мусовые, трещиноватые, водоносные мощностью от 2 до 10 м. В карьерах они быстро выветриваются, сильно трещиноваты, сажистые, постоянно осыпаются. Пласты водоносных углей и пластичных глин служат плоскостями скольжения крупных оползней.

Для данного региона весьма актуальна борьба с оползнями. Бо́льшая часть их древние, но при подрезке склона рекой или искусственными выемками, а также при динамическом воздействии или подпоре грунтовых вод глубоко заложенными фундаментами они нередко вновь активизируются.

В Чулымо-Енисейской впадине комплекс пород угленосной формации представлен лагунно-континентальными отложениями. Его слагают циклически переслаивающиеся галечники, конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты и пласты углей. Вверху преобладают песчано-глинистые отложения. Общая мощность формации по Мариинской опорной скважине 512,5 м, включая восемь угольных пластов, колеблется от 0,4 до 4,19 м. Эти отложения относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород.

Подземные воды залегают на глубинах 10—15 м и связаны с песчаными слоями. Агрессивность их не изучена. Глины обладают высокой пластичностью, имеют большую естественную влажность, что способствует широкому развитию оползневых процессов в долинах р. Енисея, вблизи деревень Кубенова, Худоногово и Каргино, во многих его левобережных притоках — Минжуля, Бизума, Качи и в нижнем течении р. Большого Пита, а также по рекам бассейна Чулыма — Тептятка, Кемчук и др.

Породы *молассовой формации* мелового и юрского возраста представлены комплексом песков, алевролитов, конгломератов и гравелитов с линзами сидерита.

Пески тонкие и мелкозернистые, плотные, известковистые нередко загипсованные, с маломощными прослоями крепких сцементированных известняковых песчаников. Вследствие сильной каолинизации они обладают пластичностью, содержат прослои алевролитов и высокопластичных глин, сильно увлажнены, нередко водонасыщены и обладают тиксотропными свойствами. Этим объясняется развитие здесь (на правом берегу р. Чулыма, севернее г. Анинска) оползневых явлений. Пески податливы эрозионному размыву. Плоские водоразделы сложены палеоген-неогеновыми глинами, песками и галечниками.

Породами вулканогенно-осадочной формации нижне-среднедевонского и нижнекаменноугольного возраста слагаются борта Минусинской впадины. Эти отложения представлены комплексом порфиритов, плагиоклазовых и кварцевых порфиритов, трахитов, базальтов с прослоями туфов, туфопесчаников, туфобрекчий и туфоконгломератов. Прочность эффузивов при сжатии равна $0{,}5 \cdot 10^8$—10^8 н/м^2, они водо- и морозостойки, слабо выветриваются и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Туфогенные породы также прочные, величина их прочности в воздушно-сухом состоянии равна 7×10^7 н/м^2, снижаясь до $4{,}7 \cdot 10^7$ н/м^2 после 40 циклов замораживания и оттаивания. Песчаниковые прослои среди толщи эффузивных пород сильно ожелезнены, их прочность в воздушно-сухом состоянии составляет около $15 \cdot 10^7$ н/м^2, однако при водонасыщении она снижается почти втрое. Глубина зоны выветривания в породах данной формации достигает местами 2 м.

Комплекс отложений *вулканогенно-осадочной формации* нижнекаменноугольного возраста распространен в средних частях Чебаково-Балахтинской и Южно-Минусинской впадин, а также по южной окраине Назаровской впадины. Он представлен песчаниками и туфопес-

чаниками с подчиненным содержанием туфов, туффитов, туфоалевролитов, известняков и аргиллитов. В целом породы обладают высокой прочностью. Так, глинистые и известковистые песчаники в свежем виде имеют сопротивление сжатию $15 \cdot 10^6$—$40 \cdot 10^6$ н/м^2, песчаники, туфопесчаники с кремнистым и кремнисто-карбонатным цементом $0{,}8 \cdot 10^8$ н/м^2, а известняки $0{,}9 \cdot 10^8$ н/м^2.

В целом породы несколько прочнее, чем девонские, так как более трещиноваты и легче выветриваются, превращаясь в пестроцветные щебенистые суглинки и супеси мощностью до 3—5 м, которые при склоне более 25—28° оползают.

В долинах рек в породах данной формации развиты промоины и на подмываемых склонах происходит их отседание. Трещинные грунтовые неагрессивные подземные воды залегают на глубинах от 20 до 100 м.

Инженерно-геологические условия региона определяются сравнительно однородным, слабо расчлененным рельефом на севере и более сложным на юге, а также широким развитием рыхлых четвертичных отложений, которые на юге региона и в бортах впадин сменяются эффузивно-осадочными, терригенными, угленосными, молассовыми образованиями, обладающими достаточной прочностью для размещения любых сооружений.

Освоение региона затрудняют следующие факторы: а) наличие просадочных лёссовидных пород, в которых проявляются просадочные суффозионные и эрозионные явления; б) заболачивание низких террас, речная и ветровая эрозия; в) развитие островной многолетней мерзлоты мощностью до 9 м; г) оползневые процессы в долинах рек, вызванные подмывом меловых и юрских отложений, д) обвалы и осыпи, образуемые на подмываемых песчаных берегах при крутизне склонов в 40—50°; е) затопление поймы I террасы весной и в половодье.

Регион 45. Тувино-Монгольский массив. Регион Тувино-Монгольского массива представляет собой сильно расчлененное Тувинское нагорье. Это средневысотное нагорье-плоскогорье с отметками рельефа до 3000 м и относительными превышениями более 1000 м. Цепи гор окружены обширными предгорьями и разделены депрессиями.

В южной части Тувинского нагорья рельеф резко отличен. Реки имеют сухие дельты. Чрезвычайно широко развиты селевые процессы. На склонах горных хребтов по периферии межгорных впадин наблюдаются участки с мягкоочерченным спокойным рельефом.

В восточной Туве развиты вулканические формы рельефа в виде обширных базальтовых плато с абсолютными отметками поверхности 1800—2000 м. Тувинский массив сложен геосинклинальными докембрийскими метаморфическими и кембрийскими сильно дислоцированными, эффузивно-осадочными породами, которые прорваны многочисленными интрузиями.

Породы метаморфической формации представлены комплексом интенсивно дислоцированных кристаллических сланцев и измененными эффузивами различного состава, а также кварцитами, мраморами, конгломератами общей мощностью более 2500—3000 м.

Указанный комплекс пород залегает на свите гнейсов, кристаллических сланцев и амфиболитов общей мощностью до 6000—8000 м.

Породы вулакногенно-осадочной формации кембрия развиты в северной части региона. Они представлены комплексом зеленокаменных основных эффузивов типа диабазов, спилитизированных диабазов, спилитов, порфиритов, покровы и потоки которых перемежаются с горизонтами пирокластических пород. Мощность отложений превышает 7000 м. В верхней части развиты туфовые и граувакковые песчаники,

алевролиты, глинистые сланцы и рифогенные известняки. Все отложения обладают высокой прочностью и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород.

В восточной части региона широко развиты покровы базальтов четвертичного возраста, объединяемые в единую вулканогенную формацию, сложенную покровами темно-серых и черных базальтов. Мощность базальтов от 5 до 70 м. Базальты обладают высокой прочностью и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород.

Инженерно-геологические условия региона в целом определяются сложными рельефными условиями и развитием дочетвертичных метаморфических и вулканогенно-осадочных пород, обладающих высокой прочностью. Несмотря на сильную расчлененность рельефа имеется много ровных поверхностей, которые могут быть использованы при строительном освоении региона. Преобладают обвальные, осыпные и селевые процессы. Сейсмичность оценивается в 6—7 баллов.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Алтае-Саянских регионов

В геологическом строении принимают участие эффузивные, эффузивно-осадочные, метаморфические, флишевые, молассовые и интрузивные породы. Они сильно дислоцированы и прорваны интрузиями. Четвертичные отложения в инженерно-геологическом отношении приобретают значение только во впадинах и речных долинах.

В геоморфологическом отношении регион представляет собой горы и нагорья на складчатом основании с устойчивыми интенсивными новейшими поднятиями. Здесь развита многолетняя мерзлота и широко проявляются следы позднечетвертичных горно-долинных оледенений.

Гидрогеологические условия характеризуются глубоко залегающими трещинными и трещинно-карстовыми подземными, преимущественно пресными, гидрокарбонатными, холодными и термальными водами.

Климат региона преимущественно влажный с умеренно теплым летом и умеренно суровой малоснежной зимой. Среднемесячная температура января равна —20°, а июля +8°. Средняя из наибольших декадных высот снежного покрова за зиму участками достигает 100 см на горах и 30 см во впадинах. Продолжительность снегового покрова составляет 240 дней.

История развития инженерно-геологических условий данного региона определяется его приуроченностью к зоне развития каледонской складчатости с древним заложением и формированием Чулымо-Енисейской, Минусинской и Тувинской внутригорных впадин.

Инженерно-геологические условия определяются слаборасчлененным выровненным рельефом, развитием лессовидных просадочных пород во впадинах и оползней по долинам рек.

О. РЕГИОНЫ БАЙКАЛЬСКИЕ

Байкальская складчатая система представляет собой полосу, окаймляющую с юго-востока и запада Сибирскую платформу. Она отделяется от последней зонами краевых глубоких прогибов, переходящих в надвиги с перемещениями до 30 км. С юга эта область ограничена Монгольской и Алтае-Саянской складчатыми системами, а на западе, начиная от г. Красноярска, погружается под покров Обского койлогена. На востоке система образует замыкающий угол между Джугджуро-Становым и Олекминским блоками Сибирской платформы. Описываемая территория состоит из двух складчатых более мел-

ких систем — Енисейско-Саянской и собственно Байкальской. Первая образует с юга и запада дугу, огибающую Сибирскую платформу вдоль Енисея, с которой она граничит по системе разломов. В эту систему входят Енисейский кряж северная часть Восточного Саяна, Туруханское и Хантайско-Рыбинское поднятие.

Фундамент Байкальской системы возник в архее — начало протерозоя, а геосинклинальный комплекс формировался со среднего или конца раннего протерозоя и закончился в кембрии. Орогенный режим, начавшийся после кембрия, развивался до конца силура и в девоне был нарушен воздействием Алтае-Саянской геосинклинали. В триасе в зоне примыкания к Сибирской платформе проявлялся трапповый и ультраосновной магматизм. Главные структурные формы геосинклинального комплекса выражены Енисейским мегантиклинорием и Туруханской зоной складок. Орогенный период продолжается и по настоящее время.

Магматические процессы в данной области проявлялись неоднократно на всех этапах ее развития. Разрывные нарушения многочисленны. В строении Байкальской складчатой системы выделяется фундамент архейского возраста, а также геосинклинальный (ранний протерозой — средний кембрий) и орогенный комплексы, формирование которых началось с позднего кембрия и закончилось в кайнозое.

В геосинклинальном комплексе Байкальской системы выделяют четыре яруса, различающиеся характером строения и историей геологического развития: нижнепротерозойский, среднепротерозойский, верхнепротерозойский и нижне-среднекембрийский. Для первого яруса характерно развитие пород терригенной морской и вулканогенной формации, для второго — терригенной и интрузивной, а для третьего — терригенной, флишевой, вулканогенно-осадочной, метаморфической и интрузивной формации кислого состава. Для четвертого яруса типичны породы терригенной, карбонатной, красноцветной и интрузивной формаций.

Орогенный комплекс (позднекембрийский—ордовикский ярус) характеризуется развитием пород преимущественно молассовой и интрузивной формаций.

К началу мезозоя в триасе территория Байкальской системы представляла собой сильно денудированную равнину, ограниченную с юга широкими прогибами с излияниями по разломам магмы кислого состава. В течение мезозоя происходили интенсивные колебательные движения с разрывами и образованием Саяно-Станового сводового поднятия с крупными предгорными прогибами: Иркутским, Прибайкальским и др. Раннемеловые движения способствовали развитию юрских впадин и возникновению новых, в которых формировались угленосные отложения нижнемелового и верхнеюрского возраста. В палеогене возникло Байкальское сводовое поднятие — основа современного рельефа региона. В конце плиоцена — начале четвертичного периода движения прекратились, страна приобрела вид пенеплена, но в раннем плейстоцене или начале среднего плейстоцена произошло прогибание Байкальского свода. Наиболее сильные движения по сбросам происходили в межледниковую эпоху. Некоторые грабены возникли на месте внутрисводовых прогибов. Движения, начавшиеся в неогене, не прекращаются и по настоящее время.

В сейсмическом отношении Байкальская система в центральной части характеризуется землетрясениями силой 9 баллов, которая к западу снижается до 6.

В пределах Байкальской складчатой системы выделяются следующие регионы: Хангайско-Рыбинское и Туруханское поднятия, Енисей-

ская антеклиза, Складчатая зона Восточного Саяна и Хамар-Дабана, Байкало-Витимская складчатая зона.

Климат региона отличается резкой континентальностью, большими величинами годовых температурных амплитуд, суровостью и относительно небольшим количеством атмосферных осадков. Среднегодовые температуры воздуха колеблются в пределах минус 4—минус 6°. Самый холодный месяц — январь, средняя температура его —18°. Самый теплый — июль со средней температурой +15°. Годовое количество осадков составляет 600—700 мм. В отдельных пунктах хр. Хамар-Дабан не превышает 1000 мм (ст. Хамар-Дабан — 1309 мм). Мощность снегового покрова достигает 1,5 м (хр. Хамар-Дабан). Устойчивый снеговой покров образуется в третьей декаде октября и сохраняется около 250 дней. Регион располагается в основном в зоне развития многолетнемерзлых пород. Годовая испаряемость с поверхности суши на побережье Байкала составляет 375 мм, увеличиваясь южнее Байкала до 500 мм и более.

Гидрография. Все реки региона принадлежат бассейну р. Енисея. Долина р. Енисея узкая, берега скалистые, питание осуществляется в основном за счет атмосферных осадков.

В горных районах Восточного Саяна берут начало все основные реки региона, стекающие в Иркутский амфитеатр (Иркут, Китой, Ока, Уда, Ия, Бирюса и др.).

Регион 46. Хантайско-Рыбинское и Туруханское поднятия. Регион соответствует Норильско-Туруханской зоне поднятий, представленной серией гребневидных и куполовидных антиклиналей, флексур, мульд и разрывов сбросового типа. Здесь прослеживаются крупнейшие валы Хантайский, Рыбинский и Курейско-Летнинский, Турузенское и Хантайско-Рыбинское, которые являются краевыми поднятиями на северо-западе Сибирской платформы. Они слагаются верхнепротерозойскими (синийскими) и нижнепалеозойскими отложениями.

В пределах региона выделяется область эрозионно-тектонических низких гор с абсолютными отметками поверхности от 60—250 до 300—500 м, а на Рыбинском поднятии до 1500 м. Склоны имеют обычно крутизну 6—15°, а в верхней части 20—30°, они изрезаны овражно-балочной сетью. При подрезке склонов образуются осыпи.

Мощность мерзлых пород непостоянна, но в целом она значительна. Мощность слоя сезонного промерзания и оттаивания зависит от высоты и длительности снегового покрова, характера растительности, экспозиции склонов и состава пород. Для торфяников она составляет 0,5—0,7 м, а для суглинков 1,5—2,5 м. Талые породы между сезонной и многолетней мерзлотой имеют мощность более 10 м. Мощность многолетнемерзлых пород в районе Игарки изменяется от нескольких до 30—40 м. С удалением от Енисея в глубь территории мерзлотный режим становится более суровым.

В северной части региона располагаются высокольдистые породы, которые при оттаивании обладают ничтожной несущей способностью. При строительстве стремятся сохранить породы в мерзлом состоянии. Неотапливаемые здания возводятся на обычных основаниях, а отапливаемые — с проветриваемыми фундаментами. Иногда производят наращивание мерзлоты.

Наибольшие затруднения при строительстве зданий наблюдаются на участках со сквозными таликами вследствие различной степени плотности пород. Трудности прогнозирования формирования мерзлой толщи около зданий и под зданиями с различным температурным режимом определяются типом пород. Например, глины в зонах таликов в немерзлом состоянии обладают сравнительно невысокой сжимаемо-

стью даже при значительных нагрузках. Установлено, что при давлении в $6 \cdot 10^5$ н/м^2 модуль компрессии изменяется от 30 до 60 мм/м.

Четвертичные породы, имеющие ограниченное распространение, представлены *ледниковыми отложениями* зырянского оледенения, состоящими из комплекса суглинков и супесей с включениями гальки, гравия, валунов и галечников. Они относятся к инженерно-геологической группе связных пород с обломочными.

Флювиогляциальные отложения представлены комплексом песков с гравием и галькой и относятся к инженерно-геологической группе песчаных пород с обломочными.

Озерно-ледниковые и озерно-аллювиальные отложения сложены: первые — комплексом супесей и песков, вторые — песков, супесей и суглинков с прослоями торфа, они относятся к инженерно-геологической группе связных пород с песчаными. Наиболее широко развиты в регионе дочетвертичные отложения.

Породы терригенной формации верхнего протерозоя (синия) прослеживаются в виде узкой полосы на Туруханском поднятии. Представлены они комплексом филлитизированных глинистых сланцев и филлитов с прослоями алевролитов и песчаников. Отложения слабо метаморфизованы и дислоцированы обладают большой прочностью и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород.

Породы карбонатной формации верхнего протерозоя (синий) развиты только в Туруханском поднятии. Они представлены комплексом доломитов, часто водорослевых доломитов и известняков с прослоями глинистых сланцев. Эти образования имеют высокую прочность и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Карбонатные отложения от нижнего кембрия до силура сложены комплексом сероцветных известняков и доломитов с прослоями мергелей, глинистых сланцев, реже песчаников. Иногда встречаются органогенные известняки. Породы массивные и плитчатые, залегают горизонтально, характеризуются довольно высокой прочностью и относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород. В толще их развит карст.

Породы метаморфической формации развиты лишь в районе Игарки. Они представлены комплексом гнейсов и кристаллических сланцев. Отложения сильно дислоцированы, собраны в изоклинальные складки с крутым падением крыльев, интенсивно метаморфизованы и глубоко изменены в зонах тектонических нарушений. Временное сопротивление сжатию массивных биотитовых сланцев колеблется от $12 \times \times 10^7$ н/м^2 (параллельно сланцеватости) до $13 \cdot 10^7$—$15 \cdot 10^7$ н/м^2 (перпендикулярно сланцеватости). После 20-ти циклов попеременного замораживания и оттаивания прочность их практически не изменяется. Менее прочными являются биотитовые гнейсы. Величина сопротивления сжатию у них меньше 10^8 н/м^2 в сухом состоянии и значительно снижается после испытания на морозостойкость (до $45 \cdot 10^6$—$80 \cdot 10^6$ н/м^2). Наименее прочны слюдистые сланцы, их прочность не превышает $40 \cdot 10^6$ н/м^2.

В зоне выветривания метаморфических пород резко занижены все физико-механические показатели. Мощность выветрелой зоны составляет 15 м, что способствует развитию осыпей, а в гнейсах и обвалов. В целом отложения относятся к инженерно-геологической группе скальных пород.

Инженерно-геологические условия региона определяются глубоко и резко расчлененным рельефом, почти повсеместным развитием скальных и полускальных пород, распространением обвально-осыпных про-

цессов и солифлюкции, а также широким развитием многолетнемерзлых пород большой мощности.

Регион 47. Енисейская антеклиза представляет собой ряд крупных антиклинориев и синклинориев сложного строения. Регион ограничивает Сибирскую платформу с юго-запада. Он вытянут по правобережью р. Енисея в субмеридиональном направлении. В его строении принимают участие архейские и протерозойские образования. Докембрийские отложения прорваны гранитными интрузиями и небольшими массивами основных и ультраосновных пород. Северо-восточный склон Енисейского кряжа представляет собой крупный моноклинальный блок, сложенный в основном верхнекембрийскими, ордовикскими и силурийскими породами.

Область Енисейского денудационного низкогорья имеет грядово-сопочный плоско вершинный рельеф. В Заангарской части расположена система гряд и массивов с абсолютными отметками 1104 м, со следами гольцовой денудации в виде курумов и нагорных террас. Широко развиты метаморфические породы. Понижения выполнены мощными аллювиальными отложениями. Развита островная многолетняя мерзлота. Южная часть области, именуемая Южно-Енисейским кряжем, имеет отметки до 400—500 м и характеризуется глубиной эрозионного расчленения от 100 до 300 м. Рельеф выровненный. В долинах рек развиты обвально-осыпные процессы. В области проявляется интенсивная денудация вследствие продолжающегося воздымания территории. Вершины и склоны гор покрыты щебенисто-глыбовым делювием и элювием с суглинистым заполнителем мощностью до 5 м(обычно 0—2 м). На них развиты обвалы.

В пределах региона преобладают дочетвертичные отложения, имеющие, как правило, высокую прочность, в связи с чем бóльшая часть их может быть отнесена к инженерно-геологической группе скальных пород.

Наиболее широко развиты породы интрузивной, метаморфической, терригенной, терригенно-карбонатной, карбонатной, молассовой и красноцветной формаций.

Породы молассовой формации кембрийского возраста представлены комплексом пестроцветных и красноцветных песчаников с прослоями алевролитов и аргиллитов. Они дислоцированы и смяты в крупные пологие складки. Песчаники кварцевые или полимиктовые с карбонатным или гематитовым цементом. Прочность песчаников при сжатии превышает $5 \cdot 10^7$ н/м^2. На крутых береговых склонах они образуют крупные глыбы, которые выветриваясь, легко рассыпаются в песок.

Алевролиты тонкослоистые, неслоистые и глинистые, выветриваются легко и рассыпаются на мелкую плитчатую щебенку. Для крутых береговых склонов, сложенных породами данной формации, характерны осыпи алевролитов и обрушение песчаников, для затаеженных склонов — медленные перемещения по склону щебенисто-глыбового материала.

Широко развиты на Енисейском кряже отложения *терригенной (красноцветной) формации* неогенового возраста, представленные комплексом галечников с прослоями и линзами глинистого и песчаного материала. Местами галечники сцементированы окислами железа с образованием плотных конгломератов. Существенной особенностью галечников является их сильная выветрелость. Прослои и линзы пластичных сжимаемых глин в толще галечников являются зонами ослабления.

Породы терригенной формации протерозоя (синий) и кембрия представлены комплексом филлитизированных глинистых и алевролитовых сланцев и филлитов с подчиненными прослоями алевролитов и кварцевых песчаников. В верхней части разреза наблюдается преобладание карбонатного материала. Породы сильно дислоцированы, собраны в мелкие крутые складки субмеридионального направления.

Сланцы обладают слабой сопротивляемостью физическому выветриванию. Механическая прочность их около $2 \cdot 10^7$ н/м^2. При выветривании сланцы распадаются на мелкую щепковидную щебенку, образуя мощные подвижные осыпи. В зонах тектонических нарушений сланцы нередко превращены в глинозем.

Наиболее прочными породами являются кварцевые песчаники, но они слагают небольшие прослои.

Породы терригенно-карбонатной формации верхнего протерозоя (синий) и ордовика представлены комплексом, в котором чередуются мощные пачки карбонатных и терригенных отложений.

Карбонатный комплекс состоит из массивных доломитов, часто с брекчиевой текстурой, реже из кристаллических известняков.

Карбонатные породы обладают высокой прочностью с временным сопротивлением сжатию свежих образцов $15 \cdot 10^7$—$16 \cdot 10^7$ н/м^2. После многократного замораживания прочность их снижается до 10^8 н/м^2. В массиве известняки и доломиты ослаблены физическим выветриванием, многочисленными тектоническими трещинами и трещинами бортового отпора. Известняки и доломиты почти повсеместно разрушены на глубину 2—3 м до состояния щебенки. Локально развитые трещины тектонического происхождения рассекают массивы карбонатных пород на глубину до сотен метров.

Одной из характерных форм деформаций карбонатных пород является отседание массивов по трещинам бортового отпора на высоких склонах крутизной 50—60°. Массивы пород сильно трещиноваты.

Породы карбонатной формации нижнего кембрия представлены комплексом доломитов, доломитизированных известняков с прослоями песчаников, алевролитов, гипсов, ангидритов и каменной соли. Породы крепкие массивные, их прочность не снижается при водонасыщении, многократном замораживании и оттаивании. Для карбонатных пород характерна сильная закарстованность, наличие водорастворимых прослоев гипсов, ангидритов и каменной соли. Закарстованность особенно интенсивна в тектонически нарушенных зонах.

Породы метаморфической формации протерозоя представлены комплексом гнейсов и кристаллических сланцев с прослоями амфиболитов, мраморов и др. Они сильно дислоцированы, собраны в изоклинальные складки с крутым падением крыльев, глубокометаморфизованы и сильно изменены в зонах нарушений. Временное сопротивление раздавливанию массивов мелкозернистых биотитовых сланцев колеблется от $12 \cdot 10^7$ н/м^2 (параллельно сланцеватости) до $13 \cdot 10^7$—$15 \cdot 10^7$ н/м^2 (перпендикулярно сланцеватости). После 20-ти циклов попеременного замораживания и оттаивания прочность их практически не изменяется. Менее прочными являются биотитовые и кварц-биотитовые гнейсы и гранитовые гнейсы.

Величина сопротивления сжатию у них менее 10^8 н/м^2 в сухом состоянии и значительно снижается после испытания на морозостойкость (до $45 \cdot 10^6$—$80 \cdot 10^6$ н/м^2). Наименее прочными породами являются двуслюдяные и мусковитовые сланцы. Они не морозостойки и прочность их составляет $4 \cdot 10^7$ н/м^2. В зоне выветривания и на участках тектонических разломов прочностные свойства пород резко сни-

жаются. Особенно легко выветриваются слюдяные сланцы, мощность щебенчатой выветрелой зоны в них равна 10—15 м.

Тектоническая и физическая нарушенность пород обусловливает широкое развитие в кристаллических сланцах и гнейсах обвалов, а в слюдяных и хлорит-серицитовых сланцах — щебенчатых, очень подвижных осыпей. Подземные воды связаны с верхней зоной открытой трещиноватости и залегают на глубинах более 10 м.

Породы интрузивной формации представлены комплексом грубо- и крупнозернистых порфировидных гранитов, часто гнейсовидных. Они обладают высокой механической прочностью, временное сопротивление их сжатию превышает 10^8 н/м^2. Наиболее прочны хлоритизированные и карбонатизированные граниты. Их временное сопротивление сжатию равно $2{,}5 \cdot 10^7$ н/м^2 в сухом состоянии и $1{,}5 \cdot 10^7$ н/м^2 после 20-ти циклов замораживания и оттаивания.

В выветрелом состоянии прочность пород резко снижается. Граниты при этом распадаются на обломки, образуя крупноглыбовые осыпи. Подземные воды, залегающие в верхней зоне открытой трещиноватости, ультрапресные.

Инженерно-геологические условия региона определяются сильной расчлененностью рельефа и его труднодоступностью, почти повсеместным распространением дочетвертичных метаморфических, интрузивных, терригенных и карбонатных пород, обладающих высокими прочностными показателями, широким развитием обвально осыпных процессов, карста, а также явлений, связанных с мерзлотой: термокарста, солифлюкции, пучения и наледей.

Регион 48. Складчатая зона Восточного Саяна и Хамар-Дабан. Регион входит в Саяно-Байкальскую горно-складчатую зону, которая представляет складчатое обрамление Сибирской платформы. Складчатые процессы были связаны с Байкальской фазой орогенеза. Последующий длительный период истории развития характеризовался неоднократными дислокациями дизъюнктивного типа. Результатом этого явилось образование многочисленных разломов и надвигов. Неотектонические движения наиболее активно проявлялись в горно-складчатой области в виде разрывных дислокаций, создающих зону повышенной сейсмичности.

Регион в структурном отношении находится в пределах сравнительно подвижного участка земной коры, где на дневную поверхность выходят интенсивно дислоцированные преимущественно древние кристаллические породы. Это привело к широкому распространению здесь тектонических форм сложного скульптурного (экзогенного) рельефа. Тектонический рельеф региона носит следы влияния оледенения.

В Восточном Саяне ведущее морфообразующее значение имели глыбовые движения, а подчиненное — пликативные. Глыбовые движения позднекайнозойского возраста обусловили своеобразную ступенчатость рельефа. Горы юго-востока Восточного Саяна имеют глыбово-складчатое строение.

Регион в геоморфологическом отношении представляет собой область эрозионно-тектонического высокогорья Восточного Саяна и Хамар-Дабана. В южной части расположена полоса среднегорья и низкогорья. Низкогорье слагается интрузивными, метаморфическими и вулканогенно-осадочными породами. Абсолютные отметки рельефа достигают 1600 м, в среднем 1200 м. Преобладающие превышения водоразделов над руслами рек 300—600 м. Средняя часть характеризуется преимущественным развитием метаморфических и вулканогенно-осадочных пород, а также рельефом с отметками, достигающими 2000 м. Преобладающие превышения водоразделов над рус-

лами рек составляют 600—1000 м. Высокогорье характеризуется широким распространением ледниковых форм и преимущественным развитием скальных высокопрочных пород. Абсолютные отметки достигают 2800—4500 м, в среднем 2400—2600 м. Преобладающее превышение водоразделов над руслами рек более 1000 м.

Для данной территории характерно широкое развитие современных геологических процессов. Особенно интенсивны обвалы, осыпи и курумы. Для многих участков южного Прибайкалья и северного склона Хамар-Дабана, где количество осадков превышает 1200 мм, а также в высокогорной части Восточного Саяна типичны сели. В речных долинах встречаются наледи. Известняки и частично мраморы закарстованы. Активны (особенно в зонах разломов) сейсмические явления.

В регионе развиты многолетнемерзлые породы с островами таликов. Мерзлота простирается параллельно северо-восточной границе и охватывает среднегорную и высокогорную ее части. Мощность многолетнемерзлых пород на междуречье 100 м (Скворцов, 1957). В гольцово-таежной части Восточного Саяна мощность пород в мерзлом состоянии на водоразделах составляет 250—300 м, а температура минус 6—минус 8°. В среднегорье мерзлота островная.

Широко развиты процессы морозного выветривания и солифлюкции.

Регион входит в сейсмически активную зону с силой землетрясений от 6 до 10 баллов.

Четвертичные отложения формировались в условиях горных склонов под воздействием оледенения и выветривания. Образования горных склонов включают *элювиально-делювиальные* и *пролювиально-аллювиальные отложения*. Они состоят из глыб, валунов, щебня, гальки, песка и глин и относятся к инженерно-геологической группе крупнообломочных пород мощностью 1—3 м. Особенно интенсивно развиты крупноглыбовые россыпи (курумы).

Ледниковые отложения представлены комплексом моренных суглинков с глыбами, валунами и обломками пород. Они относятся к инженерно-геологической группе глинистых с крупнообломочными включениями и изучены очень слабо. Моренные отложения имеют мощность 5—10 м. Для водно-ледниковых и мореиных отложений характерна пылеватость.

Породы терригенной формации представлены морскими геосинклинальными отложениями. Они состоят из комплекса конгломератов, гравелит-алевролитов и песчаников с прослоями карбонатных пород, относящихся к инженерно-геологической группе полускальных обломочных пород, широко развитых в Присаянье. Преобладают песчаники. В них 50—56% кварца, 15—17% полевых шпатов, биотита 1%, магнетита 3—4%. Песчаники имеют массивную текстуру и псаммитовую структуру, подчиненную роль играют алевролиты. В основании формации залегают конгломераты. Здесь повсеместно развиты осыпи и россыпи. На участках развития доломитов и известняков отмечаются карстовые явления. Подземные воды обладают выщелачивающей агрессивностью.

Породы терригенно-карбонатной формации верхнего протерозоя мощностью до 1500 м представлены комплексом песчаников, сланцев с выдержанными прослоями известняков и доломитов. Отложения прослеживаются в виде узких полос вдоль предгорий. Комплекс пород относится к инженерно-геологической группе скальных с полускальными. Более прочными являются доломиты и известняки, но прочность их снижается после замораживания и оттаивания. Подземные воды

трещинно-карстовые, залегают на глубинах более 10 м. Развит карст и отседание пород.

Породы карбонатной формации кембрийского возраста представлены доломитами (85—90%), доломитизированными известняками с включениями кремня, ангидритов и мергелей. Доломиты и некоторые песчаники обладают большой прочностью. Они образуют отвесные обрывы и столообразные возвышения. Известняки, песчаники и сланцы подвержены активному выветриванию, вследствие чего на них широко распространены осыпи, россыпи, бугры пучения, наледи и термокарст. Карст проявляется узкой полосой (40 км) на протяжении 450 км вдоль подножия Восточного Саяна. Подземные воды залегают на глубинах более 10 м, обладают общекислотной агрессивностью и имеют минерализацию до 0,5 г/л.

Породы метаморфической формации залегают в регионе в виде обширных полей в комплексе с прорывающими их телами интрузивных пород. Их инженерно-геологические свойства определяются составом и степенью метаморфизации. Они относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Среди этих образований выделяются:

1. Комплекс сильно метаморфизованных силикатных пород — гнейсы, кристаллические сланцы, кварциты, амфиболиты архея, нижнего и среднего протерозоя, которые часто обогащены силлимонитом, графитом и носят следы интенсивного механического воздействия — раздроблены и рассланцованы. Массивы их осложнены многочисленными тектоническими нарушениями и глубокими трещинами, что способствует активному выветриванию, особенно в пределах деятельного слоя, с образованием мощных и обширных по площади разноглыбовых россыпей и курумов. Временные сопротивления сжатию (по усредненным цифрам) гнейсов составляют $152 \cdot 10^6$—$217 \cdot 10^6$ н/м^2. При пятидесятикратном замораживании их прочность снижалась на 21—22%. В районе Мамакана предел прочности гнейсов при сжатии равен $431 \cdot 10^5$—$492 \cdot 10^5$ н/м^2, объемная масса в сухом состоянии 2,65—2,67 кг/м^3.

2. Комплекс силикатно-карбонатных пород представлен мраморами и мраморизованными известняками с подчиненным количеством гнейсов, кварцитов и сланцев. Сюда относятся породы слюдянской серии архея и протерозоя. Временное сопротивление сжатию сланцев в сухом состоянии равно $108 \cdot 10^6$ н/м^2, в водонасыщенном $75 \cdot 10^6$ н/м^2, в выветрелом $35{,}7 \cdot 10^6$ н/м^2. Породы глубоко метаморфизованы, характеризуются обилием включений сульфидов, гранитизацией, значительной окварцованностью силикатных составляющих и скарнированием карбонатных пород, изобилуют прожилками биотита и кальцита, по которым легко раскалываются. Пестрый состав пород и присутствие карбонатных разностей обусловливают активное развитие процессов физического выветривания и выщелачивания, что приводит к возникновению россыпей, осыпей и образованию обвалов и отседаний.

3. Комплекс слабо метаморфизованных силикатных пород представлен алевролитами и серицит-хлоритовыми сланцами. Развиты осыпи, россыпи и сели.

Породы вулканогенно-осадочной формации верхнего силура и нижнего девона распространены во внутренней части Восточного Саяна в бассейне р. Бирюсы. Комплекс отложений представлен кварцевыми, фельзитовыми, диабазовыми, базальтовыми, трахитовыми порфирами, туфами, туфобрекчиями с прослоями конгломератов, песчаников, алевролитов и частично известняков, относящихся к инженерно-геологической группе скальных пород. Общая мощность комплекса от 400 до 1500 м. С этими отложениями связаны процессы солифлюкции, а на

участках подмыва — осыпи и оседания глыб. Подземные воды, как правило, приуроченные к осадочным породам, залегают на глубинах свыше 10 м и обладают малой минерализацией и выщелачивающей агрессивностью.

Породы вулканогенной формации неогена имеют незначительное развитие. Излияние базальтов происходило как в Восточном Саяне, так и в Хамар-Дабане. Мощность покрова от 3—5 м на водоразделах до 450 м в долинах. Представлены они серией покровов, разобщенных слоев осадочных и туфогенных образований и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Эти отложения обладают значительной стойкостью по отношению к процессам выветривания, малой трещиноватостью и хорошей обнаженностью. Трещины развиты в них до глубины не более 5—10 м. На крутых склонах распространены грубообломочные осыпи, отседания небольших блоков пород и солифлюкция. Физико-механические свойства базальтов не изучены.

Породы интрузивной формации в регионе образуют единый габбро-диорит-гранитный комплекс, относящийся к инженерно-геологической группе скальных пород. Интрузивные образования слагают обширные площади в Восточном Саяне, образуют небольшие штоки и секущие жильные тела и массивы. Они характеризуются высокими значениями временного сопротивления сжатию (от $82 \cdot 10^6$ до $358 \cdot 10^6$ н/м^2) и большой морозостойкостью. Установлено, что при 50-кратном замораживании прочность гранитов и гранито-гнейсов снижалась до 18—19%, известняков и мрамора — до 35%, а гравелистых песчаников — до 43%. Однако, несмотря на их прочность, породы интрузивной формации все же интенсивно разрушаются вследствие процессов морозного выветривания

Трещиноватость в гранитах и гранито-гнейсах прослеживается до глубины 10—15 м и составляет 2,65—4,67%. При создании крупных инженерных сооружений большое значение имеет учет тектонических трещин и разломов, поскольку они определяют подвижность отдельных участков земной коры, сейсмичность, перемещение блоков пород, развитие обвалов, оползней и т д

Подземные воды в породах интрузивной формации связаны с зоной открытой трещиноватости мощностью до 50—70 и 100 м; агрессивность выщелачивающая.

Инженерно-геологические условия региона определяются сложным, высокогорным, глубоко расчлененным рельефом, труднодоступностью территории, широким развитием скальных, высокопрочных пород, активным проявлением обвалов, осыпей, отседания склонов, курумов, селей, карбонатного карста, а также распространением островов многолетнемерзлых пород с таликами в низкогорье. Землетрясения бывают от 6 до 10 баллов.

Регион 49. Байкало-Витимская складчатая зона. Данный регион состоит из Прибайкалья, Станового, Северо-Байкальского и Патомского нагорий, Олекмо-Витимской горной страны и Витимского плоскогорья.

Байкальская складчатость сформировалась вначале палеозоя. Внешняя зона ее в мезозое испытала редкие локальные прогибы, в которых шло накопление юрских моласс с широким развитием гранитных и щелочно-ультраосновных интрузий. Эффузивная деятельность почти не проявлялась Байкальская складчатая зона представляет собой систему складок северо-восточного простирания, круто меняющую свое направление на широтное в верховьях рек Большой Патом и Жуи, а затем на восточное и юго-восточное.

В истории геологического развития региона можно выделить три этапа: геосинклинальный, платформенный и орогенный. Геосинкли-

нальный этап охватывает архейскую, протерозойскую и начало палеозойской эры (кембрий—ордовик); платформенный — средний и верхний палеозой; орогенный — мезозой и кайнозой, включая современный отдел.

Существенное значение имел нижнепротерозойский этап — время заложения геосинклинальной системы Байкалид.

В геосинклинали среднепротерозойское время представляет собой начало крупных внутренних поднятий и развитие краевых прогибов. Верхнепротерозойское время служит периодом формирования внутренних поднятий, а нижне-среднепалеозойское является этапом замыкания геосинклинали Байкалид.

Период от верхнего кембрия до кайнозоя характерен орогенными движениями. Верхнекембрийские и нижнеордовикские отложения слагают наложенные мульды и грабен-синклинали, которыми завершился геосинклинальный тектогенез. К началу мезозойской эры регион представлял собой сильно денудированную невысокую равнину. В палеогене тектоническая обстановка была спокойной. Горы, возникшие в мезозое, были снивелированы и во многих местах на поверхности пенеплена формировалась кора выветривания. В неогене начались тектонические движения, в результате которых образовалось Байкальское сводовое поднятие — основа современного рельефа региона. Характерные устойчивые неотектонические поднятия и повышенная сейсмичность данного региона указывают на продолжение его тектонического развития и в настоящее время

Северо-Байкальское нагорье в структурно-геологическом отношении является северным крылом сводового поднятия.

В геоморфологическом отношении территория представляет собой область Забайкальского и Патомского разновысотных нагорий с межгорными впадинами.

Горные цепи Прибайкалья и Станового хребта возникли в результате сводового поднятия всей области. В настоящее время — это пенеплен, сильно расчлененный эрозионной сетью. Абсолютные отметки хребта колеблются в пределах 2800—3300 м.

Горные цепи Прибайкалья и Станового хребта сложены в основном кристаллическими породами докембрия, кристаллическими сланцами, гранитами, а также метаморфическими сланцами и песчаниками этого же возраста.

В результате опускания центральных частей поднятий Прибайкалья и Станового хребта возникли межгорные впадины, заполненные преимущественно четвертичными отложениями мощностью до 100 м и более. Абсолютные отметки дна впадин колеблются в пределах 450—700 м, за исключением впадины Байкала, дно которой лежит на 1287 м ниже уровня моря. Дно впадин в большинстве случаев покрыто болотами, процессам заболачивания способствует многолетняя мерзлота и близко расположенный к поверхности земли водоупорный горизонт.

Олекмо-Витимское и Патомское нагорья в основном сложены докембрийскими породами, кристаллическими и метаморфическими сланцами, а также гнейсами, известняками и песчаниками, прорванными интрузиями. Абсолютные отметки Патомского нагорья достигают в среднем 850—1050 м, а максимальные — 1956 м (голец Лонгдар). Рельеф нагорий пологоволнистый с куполовидными вершинами и округлыми гольцами. Плоские водоразделы интенсивно заболочены и покрыты многочисленными озерами. Склоны нагорий имеют сильно расчлененный рельеф, древние долины достигают значительной ширины.

Наиболее крупными реками являются Селенга, Баргузин, Витим и др. Озеро Байкал имеет длину 636 км, наибольшую ширину 80 км. В Байкал впадает 336 рек и речек, а вытекает одна лишь Ангара.

К современным геологическим процессам и явлениям в регионе относятся: наледи, термокарст, солифлюкция, заболоченность, оползни, обвалы, сели и т. д. Для региона характерна высокая сейсмичность с силой землетрясений до 9—10 баллов, в основном преобладают 9-балльная, а к 6-балльной относятся плоскогорья.

Наличие многолетнемерзлых пород с температурой до —8,5° С создает условия для развития наледей. К межгорным котловинам и речным долинам приурочено большое число провальных озер, разбросанных по заболоченным днищам долин, широкое развитие бугров пучения и наледей на реках. Многолетнемерзлые породы в пределах Западного Забайкальского региона распространены неравномерно. Процесс развевания песков имеет важное инженерно-геологическое значение, так как пески легко приходят в движение. Оползни приурочены к глинистым мезозойским отложениям и связаны обычно с переувлажнением глинистых пород. Наибольшее развитие обвалов приходится на период обильного выпадения осадков летом, а также во время сильных землетрясений.

Крупные обвалы, связанные с землетрясениями, установлены в хребтах Байкальском, Верхне-Ангарском, Южномуйском и др. Областями питания обвалов являются зоны интенсивного дробления и рассланцевания пород, а также курумы, щебневые потоки, крутые склоны (особенно ледниковых цирков, карров и троговых долин). Интенсивный подмыв берегов наблюдался в связи с подъемом уровня Байкала, вызванного постройкой плотины на Ангаре.

В регионе распространены аллювиальные озерные, озерно-аллювиальные, делювиально-пролювиальные, ледниковые, флювиогляциальные генетические типы четвертичных отложений, а также породы моласовой, терригенной, карбонатной, вулканогенной, вулканогенно-осадочной, метаморфической и интрузивной формаций.

Аллювиальные отложения представлены разнообразными комплексами пород. Для долин крупных рек характерны породы, относящиеся к группе связных с включением обломочных, а для долин мелких рек аллювий представлен валунно-галечниковыми отложениями небольшой мощности (до 10—15 м).

Аллювий крупных рек Селенги, Хилока и других характеризуется песчано-гравийно-галечниковым составом с прослоями глин, а для их притоков характерно большее содержание галечникового материала и присутствие валунов.

Во впадинах Баргузинской, Верхне-Ангарской, Муяканской, Нижне- и Верхнемуйской, Цининской и других аллювий относится к группе песчаных пород со связными. Подземные воды неагрессивные, залегают близко к поверхности.

Эоловые отложения представлены комплексом песков, распространенных в Верхне-Ангарской, Нижнемуйской, Баргузинской, Баунтовской и других впадинах, а также на Селенгинском низкогорье. В гранулометрическом составе песков преобладают фракции 0,1—0,25 мм — 60—80%, объемная масса составляет 1,6—1,8 г/см^3, плотность 2,6—2,7 г/см^3, пористость 30—45%. Бо́льшая часть эоловых песков, мощность которых достигает 30—50 м, закреплена растительным покровом, который при освоении территории зачастую уничтожается, и пески приходят в движение, засыпая посевы и пастбищные угодья.

Озерные и озерно-аллювиальные отложения широко распространены во впадинах Прибайкалья и Западного Забайкалья, их мощность

достигает в отдельных впадинах 500 м. Комплекс песков имеет преимущественно кварц-полевошпатовый состав с содержанием кварца 60—80%. В гранулометрическом составе фракции от 0,1 до 0,25 мм составляют 60%. В составе супесей преобладают пылеватые (до 50%) и песчаные (до 47%) фракции. По составу отложения характеризуются большим разнообразием и объединяются в инженерно-геологические группы песчаных, песчаных, чередующихся со связными. Развито заболачивание. Подземные воды залегают на глубине 0—2 м.

Делювиально-пролювиальные отложения представлены комплексом щебня, дресвы с примесью песка и валунов. В предгорных крупных впадинах байкальского типа эти отложения представлены мелкозернистыми песками, лёссовидными суглинками с включениями дресвы и гальки мощностью около 20 м.

Гранулометрический состав лёссовидных пород в среднем характеризуется содержанием глины — 13%, пыли — 57%, песка — 30%. Пористость изменяется от 30 до 60%.

При интенсивном увлажнении, особенно под нагрузкой, грунт дает большую нередко катастрофическую для сооружений осадку. Лёссовидные суглинки поглощают воду, водоотдача их низкая. При промерзании влажность пород в деятельном слое повышается на 30—35%, а при протаивании они оказываются переувлажненными, в связи с чем несущая способность их резко падает.

Ледниковые отложения распространены в Северно-Байкальском и Становом Нагорьях и в Баргузинском хребте, где они и занимают водоразделы рек и побережье оз. Байкала.

Ледниковые отложения представлены в основном связными породами с включением обломочных. Они имеют мощность от 2 до 300 м и заполняют крупные пади и межгорные впадины. Это комплекс полуокатанных и окатанных глыб и валунов, сцементированных суглинисто-песчано-щебенистым материалом. Почти все породы промерзлые на большую глубину Лед расположен в виде вкрапленников по порам, иногда встречаются линзы и пропластки льда.

Флювиогляциальные отложения распространены по речным долинам в Северо-Байкальском и Становом нагорьях и представлены комплексом песчано-галечных и валунных пород с характерной неотсортированностью материала и отсутствием слоистости. Размер валунов достигает 0,7—1 м, содержание их доходит до 40%. Кроме того, в отложениях присутствуют суглинки и супеси, которые имеют подчиненное значение. Мощность отложений колеблется от нескольких до 30—50 м. Отложения обводнены.

Молассовая формация неоген-палеогеновых отложений развита в основном во впадинах забайкальского типа в пределах Селенгинской Даурии и Витимского плоскогорья. Комплекс пород данной формации представлен крупновалунными конгломератами, галечниками и песками и относится к инженерно-геологической группе грубообломочных.

Терригенная формация юры, нижнего мела и неогена представлена угленосными отложениями, сложенными комплексом конгломератов, песчаников, аргиллитов, глинистых сланцев с прослоями каменных углей и гравелитов. Конгломераты имеют временное сопротивление сжатию до $185 \cdot 10^6$ н/м^2. Среднее временное сопротивление сжатию песчаников составляет $80 \cdot 10^6$ н/м^2, при колебании объемной массы 1,8—2,5 г/см^3, водопоглощения 1,2—3,0%, предела прочности $32{,}8 \times 10^6$—$79 \cdot 10^6$ н/м^2.

Глинистые сланцы и аргиллиты, как правило, отличаются низкой морозостойкостью и при изменении температурных условий быстро разрушаются. Породы при 50-кратном замораживании теряют свои

прочностные свойства на 43% Скорость выветривания высокая. На массивах песчаников образуется кора выветривания мощностью 1—2 м, а на тонкослоистых песчаниках до 2,7 м.

На побережье Байкала и Гусиного озера развиты сели, оползни со скольжением песчаников и сланцев по водоупорным глинам.

Комплекс неогеновых отложений терригенной формации залегает узкой полосой на побережье Байкала от мыса Снежный до дельты р. Селенги и на небольшом участке в Тункинской впадине. Комплекс пород терригенной формации юрского и нижнемелового возраста представлен алевролитами, глинами, песками, супесями, песчаниками, рыхлыми конгломератами и углями. Эти отложения заполняют внутригорные впадины забайкальского типа. Скорость выветривания пород чрезвычайно велика. В течение 30 лет на массивных песчаниках образуется кора выветривания мощностью 1,2 м, а на тонкослоистых песчаниках достигает 2,7 м. Они объединены в группу полускальных, чередующихся с пластичными. На плотных глинах южного побережья Байкала в течение года образуется кора выветривания мощностью 0,8—1,2 м, через 2—3 года мощность ее уравнивается с глубиной сезонного промерзания равной 2,5—3,0 м. Оползни характерны также для песчано-глинистых толщ. Пески от мелко- до крупнозернистых с частым переходом в песчанистые глины. Плотность глин составляет 2,68—2,75 г/см^3, объемная масса 1,88—1,97 г/см^3, пористость 41—44%, в зоне активного выветривания пористость повышается до 49—59%. Пески имеют плотность 2,6—2,7 г/см^3, объемную массу 1,7—1,75 г/см^3, пористость 38—40%. Глины с естественной влажностью слабо размокают в воде, сухие образцы размокают почти моментально. Временное сопротивление сжатию глин составляет $3{,}1 \cdot 10^5$ н/м^2, а после одного замораживания значительная часть образцов через несколько секунд расслаивается.

Карбонатная формация представлена комплексом известняков, доломитизированных известняков и доломитов, нижнекембрийского возраста и относится к инженерно-геологической группе скальных. Среднее временное сопротивление на сжатие карбонатных пород составляет $0{,}96 \cdot 10^8$—10^8 н/м^2. При 50-кратном замораживании известняков прочностные свойства их снижаются на 35%. К породам приурочены карстовые явления В долине р. Селенги существуют пещеры в известняках. Трещиноватость верхней зоны пород (10 м) составляет 50%. Образование рыхлых продуктов выветривания на коренном основании происходит довольно быстро. К наиболее растворимым породам относятся доломитовые известняки. Подземные воды трещинно-карстовые, залегают на глубинах более 10 м, обладают выщелачивающей агрессивностью.

Породы вулканогенно-осадочной формации протерозойского возраста представлены мраморизованными известняками, сланцами, спилитами, амфиболитами и кварцевыми порфирами.

В Северо-Байкальском и Становом нагорьях распространены метаморфизованные конгломераты, песчаники, кварциты, мраморизованные известняки, хлоритовые сланцы, туфоконгломераты, туфы, спилиты, порфириты, кератофиры, кварцевые порфиры, а на Витимском плоскогорье — сланцы, кислые эффузивы, кварцевые и бескварцевые фельзиты.

Породы скальные, в редких случаях полускальные.

Породы вулканогенной формации распространены в бассейне р Джиды и далее на восток, включая Витимское плоскогорье. Они представлены комплексом базальтов неоген-четвертичного возраста мощностью в 400—500 м Прочностные свойства эффузивов различны

Породы объединены в инженерно-геологическую группу скальных, чередующихся с полускальными. Объемная масса базальтов обычно составляет 2,2—2,8 г/см^3, водопоглощение колеблется от 0,3 до 4%. Временное сопротивление на сжатие сухих образцов колеблется от $75 \cdot 10^6$ до $160 \cdot 10^6$ н/м^2. Водонасыщенный базальт обладает сопротивлением сжатию, равным 1250 кг/см^3. Туфы имеют большую пористость (от 13 до 60%) и значительное водопоглощение, варьирующее от 5 до 36%. Объемная масса туфов в зависимости от их пористости составляет 0,7—2,6 г/см^3. Временное сопротивление их сжатию колеблется от $1{,}6 \cdot 10^6$ до $78 \cdot 10^6$ н/м^2. Мезозойские кислые эффузивные породы слагают низкие и средние горы Селенгинской Даурии. Они представлены базальтовыми и диабазовыми порфиритами, фельзитами, фельзит-порфирами, кварцевыми порфирами, дацитами их туфами и туфобрекчиями, объединенными в инженерно-геологическую группу скальных пород, чередующихся с полускальными. Среднее временное сопротивление сжатию не подвергшихся выветриванию пород составляет $220 \cdot 10^6$ н/м^2.

Породы метаморфической формации архея представлены комплексом гнейсов, кристаллических сланцев, амфиболитов, кварцитов и мраморов. Породы образуют пояс, окаймляющий Тункинскую и Байкальскую впадины, а также залегают в виде жестких глыб в пределах Северо-Байкальского и Станового нагорий. Породы смяты в складки и раздроблены густой сетью трещин. В разрушенных метаморфических породах образуется мощная кора выветривания. Наиболее трещиноватой является верхняя зона пород до глубины 10 м. Объемная масса гнейсов составляет 2,6—2,8 г/см^3, водопоглощение колеблется от 0,3 до 1,0%, временное сопротивление сжатию равно $88 \cdot 10^6$—$200 \cdot 10^6$ н/м^2, среднее временное сопротивление сжатию составляет $152 \cdot 10^6$ н/м^2, а для мраморов 10^8 н/м^2.

При испытаниях на морозостойкость при 50-кратном замораживании эти отложения теряют свои прочностные свойства на 21—22%. Породы водообильны, значения коэффициентов изменяются от 0,1 до 3,6, реже до 17 м/сут

Породы интрузивной формации гранитоидов домезозойского и мезозойского возраста слагают бо́льшую часть территории от Окинского до Северо-Байкальского нагорья. Протерозой-палеозойские породы основного состава развиты небольшими телами и представлены комплексом габбро, габбро-диоритов и диоритов. Все эти породы относятся к инженерно-геологической группе скальных.

Объемная масса габбро и диоритов составляет 2,58—2,92 г/см^3; водопоглощение колеблется от 0,21 до 0,63%, временное сопротивление сжатию равно $260 \cdot 10^5$—$1512 \cdot 10^5$ н/м^2. Временное сопротивление сжатию диоритов составляет $80 \cdot 10^6$—$245 \cdot 10^6$ н/м^2, причем сухие породы обладают значительно большей прочностью, чем водонасыщенные.

Для диоритов временное сопротивление сжатию сухих образцов составляет $95 \cdot 10^6$—$20 \cdot 10^6$ н/м^2, а водонасыщенных $55 \cdot 10^6$—$80 \cdot 10^6$ н/м^2. Породы представлены от архейских гнейсо-гранитов до мезозойских гранитов и сиенитов. Временное сопротивление сжатию крупнозернистых гранитов равно $65 \cdot 10^6$—$80 \cdot 10^6$ н/м^2, среднезернистых $105 \times \times 10^6$—$180 \cdot 10^6$ н/м^2, мелкозернистых $155 \cdot 10^6$—$200 \cdot 10^6$ н/м^2. Для сиенитов среднее временное сопротивление сжатию составляет 10^8—$1{,}5 \times \times 10^8$ н/м^2. Скорость выветривания гранитоидов довольно высока. Интенсивно происходит как физическое, так и химическое выветривание.

Бо́льшая часть испытанных образцов была взята в зоне многолетнемерзлых пород или на участках, где мерзлые породы оттаивали. Породы довольно морозостойки. В целом для гранитов и гранито-гнейсов

прочность при 50-кратном замораживании снижается на 18—19%. Трещиноватость гранитов в пределах первых 10 м составляет 4,5%, а гранито-гнейсов 3%.

Инженерно-геологические условия региона определяются сильно рассеченным горным рельефом и развитием во впадинах заболоченности, снежных лавин, распространением многолетней мерзлоты, мощность которой в Каларо-Чауской области достигает 200 м. Значительная трещиноватость пород, интенсивное выветривание, высокая сейсмичность и обилие летних атмосферных осадков способствуют широкому развитию обвалов, осыпей, селей и оползней. Сейсмичность оценивается в 6—8 баллов.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Байкальских регионов

Закономерности формирования инженерно-геологических условий данной территории определяются древним архейским кристаллическим фундаментом, пережившим в ходе геологической истории геосинклинальный режим, сменившийся на орогенный.

С запада на восток территории наблюдается преобладание изверженных пород. В этом направлении прослеживается смена формаций терригенных, карбонатных, молассовых, метаморфических, красноцветных, эффузивно-осадочных формациями интрузивных и эффузивных пород. Только во впадинах развиты кайнозойские отложения мощностью до 20 м.

Тектонические условия и состав пород, распространенных в регионе, способствовали формированию геоморфологических особенностей, характеризующих современный облик территорий, эти регионы представляют собой участки интенсивных новейших поднятий с денудационным плоскоувалистым пенепленом на древнекристаллическом основании горами и нагорьями, с узкими гребнями водоразделов, а также с многочисленными внутренними впадинами.

Гидрогеологические условия характеризуются преимущественным развитием подземных подмерзлотных вод и вод зоны открытой трещиноватости, обладающих общекислотной агрессивностью и залегающих на глубинах до 70 м.

В соответствии с составом пород, рельефом и распространением многолетнемерзлых пород при воздействии климатических условий, в регионе широко развиты современные геологические процессы. Широким распространением пользуются осыпи, обвалы, оползни, отседания массивов, карст в карбонатных и галогенных породах, курумы, россыпи, сели и даже просадки на площадях развития лёссовидных пород. На площадях развития многолетнемерзлых пород развиты: солифлюкция, морозное выветривание, курумы, наледи. Здесь также наблюдаются образования провальных озер и инженерно-геологические процессы и явления, связанные с разнообразным строительством.

В регионе сформировался климат влажный с умеренно теплым летом и умеренно суровой снежной зимой. На юге территории температура воздуха в январе достигает —28—34°, а в июле составляет +8+17°. Толщина снегового покрова колеблется от 90 (р. Селенга) до 270 см (р. Тунгуска). Снег лежит от 200 до 280 дней.

В целом инженерно-геологические условия, сформировавшиеся в данном регионе, характеризуются следующими важнейшими особенностями, которые необходимо учитывать при освоении территории. Это — горный сильно расчлененный рельеф и наличие многолетней мерзлоты с глубоким залеганием подземных вод преимущественно

зоны открытой трещиноватости; распространение дочетвертичных скальных пород с широким развитием современных геологических процессов и явлений, на которые накладываются мерзлотные процессы.

Характерным отличием Байкальских регионов является их современная тектоническая активность, сопровождаемая землетрясениями с запада на восток силой от 8 до 10 баллов.

П. РЕГИОНЫ МОНГОЛЬСКИЕ

Монгольская складчатая система включает регионы геосинклинального развития, зародившегося в позднем протерозое и завершившегося в юре. Характерной особенностью геологической истории Монгольской системы является длительное опускание с формированием мощных толщ пород: терригенных, вулканогенно-терригенных, лагунных, соленосных и континентальных формаций. В структуре Монгольской системы выделяются два геосинклинальных и один орогенный комплекс. Первый формировался в позднепротерозойско-раннепалеозойское время, второй в среднепалеозойско-мезозойское время, а орогенный с середины верхней юры.

Магматизм в пределах системы зафиксирован в раннем протерозое, в позднем протерозое и в конце верхнего палеозоя. Максимальное проявление магматизма приурочено к раннему и среднему триасу, а последняя вспышка — к юре.

Фундамент Монгольской системы сложен отторженцами кристаллических пород ранее существовавшей Становой системы, геосинклинальное развитие которой закончилось в начале среднего протерозоя.

В верхнем протерозое и кембрии здесь существовала геосинклиналь, а на севере и юге были прогибы, которые, претерпев инверсию, превратились в Селенгино-Яблоновую систему и Аргунский массив.

В центральной части располагался прогиб, на месте которого возникла Монгольская система. С конца юры Монгольская складчатая система вступила в орогенную стадию развития.

Климат региона суровый, отличается большими колебаниями суточных и годовых амплитуд температуры воздуха и резким изменением давления. Все это выражается в значительном выпадении осадков в межгорных понижениях и на хребтах, а также в изменении количества осадков по сезонам года.

Среднегодовые температуры воздуха колеблются от —1—2° (в южных районах) до —8—11° (в горных котловинах). Средние температуры января на юге области составляют минус 24—26°. Июльские температуры воздуха равны +18— +20°. Осадки выпадают в основном в теплый период и носят ливневый характер. Относительная влажность воздуха в течение года устойчива и варьирует между 40 и 50%. Дефицит влажности в мае—августе колеблется от 6 до 11%.

На юге области распространены небольшие бассейны бессточных озер Торейские и др. Торейские бессточные бассейны практически не имеют постоянную гидросеть.

Регион целиком входит в зону распространения многолетнемерзлых пород.

Регион 50. Монгольская складчатая система. Регион представляет собой геосинклинальный тип развития, завершившийся в юре, а также структурно-фациальную зону Селенгино-Яблоновой складчатой системы, в которую входит часть Западного Забайкалья, Селенгинская Даурия, Яблоновой и Становой хребты, а также юго-западная и южная части Олекмо-Витимского плоскогорья.

Вся территория на протяжении длительных отрезков времени испытывала опускания, комплексировавшиеся мощными вулканогенно-терригенными, терригенными и континентальными лагунно-химическими толщами.

Яблоново-Становой антиклинорий сформирован палеозойской складчатостью с мезозойскими межгорными впадинами. Регион отличается большой глубиной эрозионного вреза и слагается преимущественно архейскими и протерозойскими метаморфизованными толщами, которые прорваны древними интрузиями разновозрастных гранитов.

С конца поздней юры в пределах региона установился орогенный режим с накоплением эффузивов в течение триаса, ранней и в начале средней юры. В юго-восточной части Забайкалья регион в мезо-кайнозойское время испытал лишь слабые поднятия и опускания. Здесь сохранились палеозойские и древнечетвертичные отложения.

В геоморфологическом отношении в регионе выделяется две области: Селенгино-Олекминских разновысотных гор с Олекмо-Витимским плоскогорьем и Шилка-Аргунская денудационная равнина.

Область Селенгино-Олекминских разновысотных гор с Олекмо-Витимским плоскогорьем характеризуется резкой расчлененностью рельефа с отметками на юго-западе 1500—1800 м, снижающимися по мере продвижения на северо-восток. Хребты вытянуты в северо-восточном направлении в соответствии с ориентировкой мезозойских структур.

Область сложена преимущественно гранитоидами, метаморфическими вулканогенными породами, во впадинах — терригенными отложениями верхнеюрско-мелового возраста, содержащими прослои бурых углей, а также рыхлыми кайнозойскими отложениями аллювиального, элювиального, делювиального и пролювиального генетических типов.

Из современных геологических явлений наблюдаются массовые обвалы (особенно в период землетрясений), а также сели в засушливых районах и снежные лавины на склонах южной экспозиции. Развиты наледи, бугры пучения, термокарст, солифлюкция и заболоченность. Сейсмичность оценивается в 9—10 баллов.

Область Шилка-Аргунской денудационной равнины характеризуется широким распространением слаборасчлененных аккумулятивных равнин с холмисто-увалистым рельефом. Эти равнины приурочены к полям развития мезозойских и кайнозойских отложений. Развиты процессы развевания песков, просадочные и суффозионные явления, сели. Сейсмичность оценивается в 5—7 баллов.

В пределах данного региона распространены аллювиальные, делювиально-пролювиальные и ледниковые отложения, а также породы молассовой, терригенной, терригенно-карбонатной, карбонатной, метаморфической, вулканогенно-осадочной, вулканогенной и интрузивной формаций.

Аллювиальные отложения представлены комплексом песков и галечников с прослоями суглинков. Пески и галечники слагают в основном вторую и высокую террасы. Пески средней плотности, которая увеличивается с глубиной. Суглинки имеют коэффициент сжимаемости в интервале давлений от $2 \cdot 10^5$ до $3 \cdot 10^5$ н/м^2, равный $2 \cdot 10^{-7}$—3×10^{-7} м^2/н.

В зоне сезонного промерзания суглинки способны давать неравномерные осадки. Грунтовые воды залегают на водоразделах на большой глубине, а в межгорных впадинах и долинах рек до глубины 5—10 м.

Делювиально-пролювиальные отложения представлены комплексом грубообломочных песков с щебнем, дресвой и валунами мощно-

стью от 5—10 до 100 м. При промерзании влажиость пород в деятельном слое повышается на 30—35%, а при протаивании они оказываются сильно увлажненными, в связи с чем несущая способность их резко падает

Ледниковые отложения представлены комплексом песчано-галечниковых и валунных образований, распространенных в нагорьях. Размер валунов достигает 0,7—1,0 м Отложения содержат суглинки и супеси мощностью от нескольких до 30—50 м

Породы молассовой формации нижнемелового и среднеюрского возраста представлены комплексом конгломератов с редкими прослоями песчаников и алевролитов, которые относятся преимущественно к инженерно-геологической группе полускальных пород. Глубина залегания подземных вод достигает 20 м. Воды преимущественно напорные

Породы терригенной формации (от протерозоя до нижнего мела) представлены комплексами песчаников, конгломератов, алевролитов, аргиллитов, которые относятся преимущественно к инженерно-геологической группе скальных пород Прочность песчаников колеблется от $465 \cdot 10^5$ до $770 \cdot 10^5$ н/м^2 при среднем значении $770 \cdot 10^5$ н/м^2. Песчаники с карбонатным цементом выветриваются очень слабо.

Конгломераты являются прочным основанием для сооружении Глубина залегания подземных вод колеблется от 20—50 до 50—100 м Подземные воды в основном напорные. Развиты осыпи и сели

Породы терригенно-карбонатной формации кембро-силура представлены комплексом известняков доломитов, песчаников и сланцев Известняки плотные, сопротивление сжатию их равно $14 \cdot 10^7$ н/м^2 Относительная растворимость известняков в среднем составляет 0,46 Глубина залегания подземных вод достигает 20—50 м, а местами 50—100 м Воды обычно безнапорные Развито отседание склонов и карст

Породы карбонатной формации нижнекембрийского возраста занимают незначительные площади среди осадочных отложений, развиты в Становом нагорье и в горах Прибайкалья. Комплекс пород представлен скальными известняковыми доломитами. Среднее временное сопротивление на сжатие карбонатных пород составляет $0{,}96 \cdot 10^8$—10^8 н/м^2. Известняки трещиноваты и закарстованы

Большое влияние на карбонатные породы оказывает химическое и физическое выветривание При 50-кратном замораживании и оттаивании известняков прочностные свойства их снижаются на 35% Трещиноватость верхней зоны пород (10 м) составляет около 5%. Образование рыхлых продуктов выветривания происходит быстро Развиты карстовые процессы

Породы метаморфической формации представлены комплексом гнейсов, кристаллических сланцев, амфиболитов, кварцитов, мраморов и относятся к скальным породам архей-нижнепротерозойского возраста Отложения трещиноватые, трещины в большинстве случаев зияющие, шириной от долей миллиметра до 3—8 см. Иногда трещины заполнены кварцитом или другими жильными минералами. В разрушенных метаморфических породах образуется мощная кора выветривания Наиболее трещиноватой является верхняя зона пород до глубины 10 м Объемная масса гнейсов составляет 2,6—2,8 г/см^3, а водопоглощение 0,3—1,0%, временное сопротивление сжатию $8{,}1 \cdot 10^7$—20×10^7 н/м^2 в среднем $15{,}2 \cdot 10^7$ н/м^2, а для мраморов около 10^8 н/м^2 Глубина залегания подземных вод колеблется от 5—50 до 100 м в южной части. Подземные воды преимущественно напорные Развиты осыпи и обвалы

Породы вулканогенно-осадочной формации протерозойско-силурийского и среднеюрского возраста широко развиты в регионе (на Становом нагорье и в горах Прибайкалья). Комплекс слагающих ее пород представлен мраморизованными известняками, хлоритовыми сланцами, спиллитами, альбитофирами, туфами и туфоконгломератами. Все перечисленные породы относятся к инженерно-геологической группе скальных, они дислоцированы в складки, практически несжимаемы, невлагоемки, водопроницаемы по трещинам, имеют среднее временное сопротивление сжатию от $8 \cdot 10^7$ до $24 \cdot 10^7$ н/м^2. Развито выветривание, осыпи и обвалы. Подземные воды трещинные, залегают в верхней трещиноватой зоне, обладают нередко выщелачивающей агрессивностью.

Породы вулканогенной формации представлены комплексом неоген-четвертичных базальтов, распространенных полосой, охватывающей восточную оконечность Хамар-Дабана, бассейн р. Джиды и далее на восток, включая Витимское нагорье. Базальты обнажаются на поверхности высоких (2000—2250 м) гор или в ледниковых долинах. В долине Джиды они лежат на осадках речных террас. Иногда базальты содержат горизонты рыхлых песчано-глинистых отложений, а также прослои туфов и вулканических шлаков. Мощность базальтовых покровов достигает 400—500 м. Прочностные свойства эффузивов различны. Объемная масса базальтов обычно составляет 2,2—2,8 кг/см^3, водопоглощение от 0,3 до 4%. Временное сопротивление сжатию сухих образцов в среднем составляет $15{,}7 \cdot 10^7$ н/м^2, водонасыщенных $13{,}5 \cdot 10^7$ н/м^2. Туфы обладают большой пористостью, изменяющейся от 13 до 60%, и большим водопоглощением, варьирующим от 5 до 36%. Объемная масса пород в зависимости от их пористости составляет 0,7—2,6 г/см^3. Временное сопротивление сжатию туфов колеблется в больших пределах — от $16 \cdot 10^5$ до $780 \cdot 10^5$ н/м^2.

Комплекс вулканогенной формации триасово-юрского возраста представлен фельзитами, фельзито-порфиритами, кварцевыми порфиритами, их туфами и туфобрекчиями, объединенными в инженерно-геологическую группу скальных, чередующихся с полускальными пород. Среднее временное сопротивление на сжатие отложений, не подвергшихся выветриванию, составляет $22 \cdot 10^7$ н/м^2.

Эффузивы пористые, на них развита глинистая кора выветривания. Глубина залегания подземных вод зоны открытой трещиноватости колеблется от 5 до 50 м. Воды преимущественно безнапорные, пресные.

Породы интрузивной формации широкого возрастного диапазона представлены комплексом кислых, основных и щелочных образований, относящихся к инженерно-геологической группе скальных. Протерозой-палеозойские образования основного состава развиты небольшими телами и представлены габбро, габбро-диоритами и диоритами. Объемная масса их обычно составляет 2,58—2,98 г/м^3, водопоглощение 0,21—0,63%, временное сопротивление сжатию колеблется от $260 \cdot 10^5$ до $1512 \cdot 10^5$ н/м^2, у диоритов $80 \cdot 10^6$—$245 \cdot 10^6$ н/м^2. Временное сопротивление сжатию гранитов характеризуется следующими показателями: для крупнозернистых разностей $65 \cdot 10^6$—$80 \cdot 10^6$ н/м^2, для среднезернистых —$105 \cdot 10^6$—$107 \cdot 10^6$ н/м^2, для мелкозернистых —$155 \cdot 10^6$—$200 \cdot 10^6$ н/м^2 и для сиенитов 10^8—$1{,}5 \cdot 10^8$ н/м^2.

Объемная масса гранитов колеблется от 2,5 до 2,7 г/см^3, а водопоглощение от 0,1 до 1,5%. Прочность гранитов и гранито-гнейсов при 50-кратном замораживании снижается на 18—19%. Трещиноватость гранитов в пределах первых 10 м составляет 4,5%, а гранито-гнейсов 3%.

Гранитоиды в массиве имеют интенсивную и неравномерную трещиноватость. Мощность зоны трещиноватости составляет 100—150 м. В пределах зон тектонических нарушений трещиноватость гранитов иногда прослеживается, по данным бурения, до глубины более 200 м. Глубина залегания подземных вод зоны открытой трещиноватости колеблется от 5—50 до 100 м и более. Подземные воды ультрапресные, залегают в верхней трещиноватой зоне, обладают общекислотной агрессивностью.

Инженерно-геологические условия региона определяются: горным сильно расчлененным рельефом, распространением многолетней мерзлоты, высокой несущей способностью пород не затронутых выветриванием и резко снижающейся при выветривании, а также активным развитием современных мерзлотно-геологических процессов и заболоченностью.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Монгольских регионов

Инженерно-геологические условия регионов определяются преимущественным развитием магматических пород и только в многочисленных впадинах — осадочными отложениями терригенных формаций в возрасте от юры до палеогена.

Данный регион характеризуется широким развитием высокопрочных магматических пород различного состава перебитых многочисленными системами трещин и нарушений. Осадочные отложения преимущественно терригенных формаций выполняют межгорные впадины.

Четвертичные образования незначительной мощности, имеющие крайне ограниченное распространение, представлены в основном элювиальными и аллювиальными генетическими типами рыхлых пород.

В геоморфологическом отношении регион представляет горы и нагорья на древнем кристаллическом основании с многочисленными внутригорными впадинами. На юге в долине р. Онона выделяются аккумулятивные формы. Широко развиты мерзлотные процессы, осыпи и обвалы. Встречаются потухшие вулканы.

Гидрогеологические условия характеризуются соответственно широким распространением подземных вод зоны открытой трещиноватости и напорных вод во впадинах, выполненных осадочными промороженными отложениями.

Климат региона влажный с умеренно теплым летом и умеренно суровой малоснежной зимой. Температура воздуха в среднем в январе минус 24°, а в июле плюс 14—16°. Средняя из наибольших декадных высот снегового покрова за зиму изменяется от 20 до 30 см. Число дней со снеговым покровом составляет 160—200 дней.

Для региона характерно развитие многолетнемерзлых пород и процессов, связанных с мерзлым их состоянием. Сильно расчлененный рельеф является также характерной чертой Монгольской складчатой системы, а большие амплитуды высот способствуют широкому развитию многочисленных гравитационных процессов, осыпей, обвалов и отседания склонов.

Типичным явлением для описанной области являются систематические землетрясения силой от 7 до 10 баллов.

Р. РЕГИОНЫ СИХОТЭ-АЛИНЬСКИЕ

Данная складчатая система располагается на крайнем юго-востоке территории СССР. На юге, востоке и северо-востоке она ограничивается Японским и Охотским морями. Фундамент системы, обнажаю-

щийся только в Ханкойском массиве, сформировался в раннем и среднем протерозое.

После завершения геосинклинальных процессов в первой половине позднего мела геосинклинальная система Сихотэ-Алиня превратилась в складчатую. В процессе орогенного развития со второй половины позднего мела до палеогена, а местами до раннего миоцена широкое развитие получили эффузивные породы прибрежного, вулканического пояса среднего и кислого состава.

В западной части с раннего палеогена развивается серия межгорных впадин и прогибов северо-восточного направления, выполненных впоследствии рыхлыми песчано-глинистыми и угленосными отложениями. Начиная с плиоцена, в горной части формируются базальты, а во впадинах — толщи илов, песков и галечников.

В верхнем миоцене в результате длительной пенепленизации в горных районах Сихотэ-Алиня возникли выровненные холмисто-увалистые горы.

В верхнечетвертичную эпоху материк испытывает новое поднятие, сформировавшее современный рельеф.

Деформации террас и их продольное перекашивание свидетельствуют об активных неотектонических движениях. Побережья Охотского и Японского морей на отдельных участках испытали поднятие, достигающее 8—10 см в столетие. Вдоль западного склона Сихотэ-Алиня наблюдается стабильное состояние, на восточном склоне происходит понижение рельефа, связанное с новейшей тектоникой.

Восточное крыло Сихотэ-Алиньской структуры погружено на дно Японского моря, западное крыло его имеет абразионное происхождение, с чем связана его асимметричность.

В истории развития Сихотэ-Алиньской складчатой системы с верхнего протерозоя происходило формирование геосинклинальной области. В ордовике возникает Сихотэ-Алиньская геосинклинальная область, на месте которой в конце ранней — начале поздней перми формируются Сихотэ-Алиньские, Амуро-Сунгарийские и другие поднятия с интрузиями позднепалеозойских гранитоидов. В результате этих движений единая геосинклиналь разделилась на Сихотэ-Алиньский и Амгуньский прогибы. Сихотэ-Алиньская система расположена во внутренней части Дальневосточной сейсмической зоны, подверженной слабым землетрясениям.

В пределах Сихотэ-Алиньской системы выделены три региона: Джагдино-Тукурингрский и Хингано-Буреинский антиклинории; Сихотэ-Алиньский антиклинорий с Приморским вулканическим поясом; Среднеамурская, Эворона-Чукчагирская и Ханковская впадины.

Климат региона муссонный, в сочетании с горным рельефом очень неоднороден. Средние температуры воздуха, на западных склонах Сихотэ-Алиня зимой —21° С, а летом +18° С, на восточных склонах на той же широте соответственно —10° С и +15,6° С. Среднегодовая температура для южных районов Сихотэ-Алиня +5,7° С, для северных —10,1° С. Самый холодный месяц — январь, его средняя температура —20° С, самый теплый месяц — июль со средней температурой +20° С. Среднегодовое количество осадков не превышает 700—800 мм. В осевой части хребта годовое количество осадков достигает 800—1000 мм.

Температура воды находится в прямой зависимости от температуры воздуха, она колеблется в пределах от +2 до +24° С. Снеговой покров продолжительностью от 120 до 210 дней — маломощен, неустойчив, составляет 20—30 см и лишь в горной части доходит до 90 см. Это способствует глубокому промерзанию почвы, которое начинается в ноябре. На открытых участках промерзание достигает 1,5—2,0 м, а под покро-

вом снега 1,0—1,5 м. Оттаивание наблюдается в марте и заканчивается к концу апреля — началу мая.

Гидрография. Густота речной сети составляет 0,15—0,20 пог. км на 1 км^2. Режим рек неустойчивый и зависит от величины осадков. Самая крупная река Приморья Уссури с водосборной площадью 21 700 км^2 имеет средний многолетний расход 199м^3/с, максимальный — 8220 м^3/с и минимальный — 3,1 м^3/с.

В таежной зоне почвы подзолистые, бурые, в горной — грубоскелетные, а в предгорьях — дерново-подзолистые.

Регион 51. Джагдино-Тукурингрский и Хингано-Буреинский антиклинории. В тектоническом отношении регион имеет весьма сложное строение. В период геосинклинального развития этой территорни различаются три эпохи интенсивного прогибания: синийско-кембрийская, палеозойская и мезозойская.

Южно-Тукурингрский разлом разделяет территорию на две части. С севера к нему примыкает Джагдинское поднятие, южнее этой структуры расположены складчато-глыбовые сооружения различного возраста.

Магматическая деятельность в регионе проявлялась с протерозоя и продолжалась в течение всего мезозоя. Крупные зоны разломов служили путями проникновения интрузий и эффузий. В нижнем палеозое вдоль Южно-Тукурингрского разлома на протяжении 400 км прерывистой цепочкой формировались интрузии сложного состава.

В мезозое вдоль крупных структурных разломов формировались вулканические пояса: Удеко-Охотский, Хингано-Баджальский и Умлекано-Огоджинский.

В пределах региона по геоморфологическим признакам выделяется область средне- и низкогорья с Удской равниной, которая простирается вдоль хребтов Тукурингра и Джагды на северо-восток до побережья Охотского моря и Шантарских островов.

В пределах Тукурингра — Джагды распространены средние крутосклонные горы, абсолютные отметки которых колеблются от 800 до 1500 м, а относительные превышения от 500 до 800 м. Центральные наиболее высокие части хребтов носят следы четвертичного оледенения. Большие пространства занимают Верхне-Зейская, Амуро-Зейская, Удская и Буреинская равнины. Из современных явлений здесь развиты осыпи и бугры пучения. Многолетнемерзлые породы имеют здесь сплошное развитие, мощность их достигает 50—100 м. Сейсмичная активность в 7—9 баллов наблюдается на юге-западе территории.

В пределах региона развиты генетические типы ледниковых и аллювиально-морских отложений, а также породы молассовой, терригенной, терригеннно-карбонатной, вулканогенно-осадочной, метаморфической, вулканогенной, интрузивной формаций.

Ледниковые отложения представлены комплексом донных, боковых и конечных морен. Мощность конечных морен 60—80 м, боковых и донных 10—50 м.

Аллювиально-морские отложения распространены в виде узких (до 4 км) прерывистых полос, вытянутых вдоль побережья. Комплекс представлен глинами, илами, суглинками и редко супесями с прослойками песка, гравия и гальки мощностью до 10 м. Сверху отложения почти повсеместно перекрыты торфом мощностью до 3—5 м.

Породы молассовой формации представлены морскими отложениями верхней юры нижнего мела и распространены в предгорьях хр. Тукурингра. Комплекс состоит из валунно-галечниковых отложений, конгломератов, алевролитов, аргиллитов и песчаников, мощность которых колеблется от 1500 до 2800 м. Для отложений характерна фациальная

изменчивость. Породы дислоцированы, углы падения на крыльях складок составляют 15—30°, реже 50—60°. В верхней зоне породы трещиноваты, в зонах разломов они интенсивно милонитизированы и рассланцованы.

Породы слабоводообильны. Ввиду развития многолетней мерзлоты воды имеют спорадическое распространение. Здесь развиты подмерзлотные напорные слабоминерализованные воды. Из геологических процессов наблюдаются — пучение и термокарст.

Породы терригенной формации представлены комплексом верхнепалеозойских и нижнемезозойских песчаников, алевролитов и конгломератов с прослоями туфопесчаников. Они относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Эти отложения дислоцированы с углами падения слоев 15—30°. До глубины 50—100 м породы трещиноваты, особенно по напластованию в алевролитах. Трещины открытые или выполненные кальцитом и кварцем. Временное сопротивление сжатию колеблется от $6 \cdot 10^7$ до $12 \cdot 10^7$ н/м^2. Льдистые породы обладают существенным понижением их прочности.

Обводненность пород невелика, в зонах тектонических нарушений она увеличивается. Минерализация подземных вод незначительная, агрессивность отсутствует. Из современных явлений здесь развиты осыпи и бугры пучения.

Породы терригенно-карбонатной формации включают отложения верхнего протерозоя и кембрия, слагающие Кимканский, Южно-Хинганский и Черчиленский прогибы. Они представлены комплексом сильно дислоцированных известняков, сланцев, доломитов и филлитов.

Подземные воды трещинно-карстовые и пластово-трещинные, обладают незначительной минерализацией и выщелачивающей агрессивностью. В карбонатных отложениях на поверхности распространены карстовые воронки, а на глубине 30—40 м развиты пещеры и карстовые полости.

Породы вулканогенно-осадочной формации верхней юры и нижнего мела распространены в юго-западной части Удско-Охотского вулканического пояса и расположены вдоль глубинного разлома на сочленении с Айкондя-Аянским прогибом.

Комплекс представлен туфогенно-осадочными породами: андезитами, дацитами, порфиритами и их туфами, а также конгломератами, диабазами, диабазовыми порфиритами, песчаниками, углистыми сланцами и алевролитами юрско-мелового возраста. Мощность пород достигает 3500 м. Водообильность их не изучена. Здесь широко распространены подмерзлотные напорные трещинные воды. К современным геологическим процессам относятся осыпи и обвалы.

Породы метаморфической формации средне-верхнепротерозойского и нижнекембрийского возраста имеют широкое распространение в хребтах Тукурингра и Соктахан-Джагды. Комплекс представлен глинистыми сланцами, рассланцованными песчаниками, алевролитами и линзами мраморизованных известняков. Отложения смяты в крупные изоклинальные складки и разбиты сетью тектонических разломов.

Подземные воды изучены слабо. Обводненность пород вследствие интенсивной трещиноватости, по-видимому, высокая, особенно в зонах разломов. Учитывая развитие многолетнемерзлых пород следует ожидать спорадическое распространение напорных подземных вод. Из современных геологических явлений здесь широко развиты осыпи, иногда спускающиеся в долины в виде каменных потоков, и солифлюкционные процессы. Мощность многолетнемерзлых пород достигает здесь 100 м.

Породы вулканогенной формации представлены комплексом верхнемелового и миоценового возраста. Они залегают на юрских осадоч-

ных породах, выполняя мульдообразные прогибы. Формация представлена кварцевыми порфирами, андезитами, фельзитами, дацитами, их туфами, лавобрекчиями и туффитами верхнемелового возраста. Эти породы слабо дислоцированы, мощность их колеблется от 600 до 2000 м.

В верхней зоне выветривания породы трещиноваты, со столбчатой и глыбовой отдельностью. Трещины часто выполнены глинистым материалом. Дебиты родников верхнемеловых эффузивов колеблются от сотых долей до 0,3 л/с, в зонах разломов от 1 до 3 л/с. Производительность скважин в плиоценовых базальтах варьирует от 0,1 до 1,6 л/с, а удельные дебиты равны 0,01—0,3 л/с. Из современных геологических процессов на крутых склонах иногда развиты крупноглыбовые россыпи.

Прочность пород базальтов при сжатии — в сухом состоянии равна $1923 \cdot 10^5$ н/м^2, в водонасыщенном — $1753 \cdot 10^5$ н/м^2, коэффициент размягчения 0,91.

Породы интрузивной формации распространены в пределах хребтов Джагды, Тукурингрского и представлены комплексом гранитов, гранитоидов, местами порфировидных диоритов, редко габброидов. В зоне выветривания породы разбиты трещинами. Они обводнены по трещинам. В зоне нарушений дебиты увеличиваются до 1—2 л/с. Воды слабоминерализованные, обладают выщелачивающей и общекислотной агрессивностью. Из современных геологических явлений на крутых склонах развиты крупноглыбовые, часто закрепленные россыпи. Породы неразмягчаемые, морозостойкие. Прочность пород при сжатии в сухом состоянии равна $1417 \cdot 10^5$ н/м^2, в водонасыщенном $818 \cdot 10^5$ н/м^2 с коэффициентом размягчения 0,57.

Инженерно-геологические условия региона определяются сильной расчлененностью рельефа, распространением пород моласовой, терригенной, терригенно-карбонатной, вулканогенной и интрузивной формации, а также интенсивным развитием осыпей, россыпей и пучения.

Регион 52. Сихотэ-Алиньский антиклинорий. Сихотэ-Алиньский регион представляет собой область позднемезозойской складчатости с позднепалеозойскими и более молодыми линейно вытянутыми структурами. В пределах региона выделяются три крупных антиклинория. Ванданский и Ниланский на западе и Центрально-Сихотэ-Алиньский к востоку от рек Амура и Уссури. В северной, центральной и восточной частях региона развиты крупные синклинорные структуры — Амгуньский, Горинский, Восточно-Сихотэ-Алиньский и Нижнебакинский синклинории. Границы этих структур часто проходят по тектоническим разломам, к ним приурочены выходы изверженных пород разного возраста и состава. Вдоль крупных структурных разломов расположены вулканические пояса (Западно-Сихотэ-Алиньский и Приморский).

Геоморфологическая область средне-низкогорья Сихотэ-Алиня представляет собой чередование узких гребней водоразделов, местами с хорошо развитыми древними поверхностями выравнивания. В неотектоническом отношении это область устойчивых интенсивных новейших поднятий. Абсолютные отметки рельефа области изменяются от 800 до 1700 м. Сихотэ-Алинь состоит из ряда параллельных хребтов северо-восточного простирания, высокогорный рельеф, развитый в осевых частях хребтов, носит следы четвертичного оледенения в виде карров, цирков, троговых долин, «бараньих лбов» и ледниковых озер. Зона предгорья представлена низкогорным и увалистым рельефом, переходящим по окраинам крупных депрессий в денудационный мелкосопочник. Побережье Охотского моря характеризуется низкогорным рельефом с мягкими очертаниями и абсолютными высотами до 700 м.

Почти все равнины (Среднеамурская, Удыль-Кизинская и Амуро-Амгуньская) приурочены к межгорным впадинам. Равнины представлены комплексом речных террас с сильно заболоченными поверхностями; абсолютные отметки равнин колеблются от 20 до 100 м.

Морское побережье на участке между устьями рек Уды и Амура характеризуется сильной изрезанностью. Здесь наблюдаются глубоко впадающие в сушу заливы и выступающие в море острова и полуострова. Вдоль морского побережья в виде узкой прерывающейся полосы развит рельеф морского происхождения.

Горный рельеф и почти сплошная залесенность региона обусловили развитие горнолесных почв, приуроченных преимущественно к широколиственно-хвойным лесам.

В регионе встречаются комплексы пород следующих формаций: наиболее распространена флишоидно-молассовая верхнего и нижнего мела, флишоидно-терригенная средней юры и нижнего мела, вулканогенно-кремнисто-терригенная — от девона до нижней юры, эффузивно-осадочная верхнемеловая, вулканогенная, интрузивная и метаморфическая, а также генетические типы аллювиальных, аллювиально-морских, элювиально-делювиальных образований, покрывающих сплошным чехлом плоские поверхности плато и платообразные вершины сопок.

Аллювиальные отложения широко развиты в регионе и представлены комплексом песчаных пород с включением крупных глыб и валунов и с прослоями глин мощностью от 10 до 20 м. В заливе Петра Великого широко распространены илы морского происхождения. Грунтовые воды в аллювии залегают на глубине от 0,5—3 до 10—15 м. Коэффициент фильтрации достигает 1000 м/сут.

Современные геологические процессы развиты слабо, необходимо отметить подмыв берегов и периодические (раз в 3—5 лет) наводнения, которые заливают, как правило, поверхности пойм и первую террасу.

Аллювиально-морские отложения образуют узкие, до 4 км прерывистые полосы, вытянутые вдоль побережья Ульбанского и Тугурского заливов. Комплекс представлен глинами, илами, суглинками и редко супесями с прослоями песка, гравия и гальки. Подземные воды в виде линз приурочены к прослоям песков, галечников и гравия и имеют спорадическое распространение. Глубина залегания этих прослоев составляет 2—5 м. Водоносные линзы слабо обводнены. Минерализация грунтовых вод не превышает 0,5 г/л, а вблизи морского берега достигает 1 г/л и более. Песок мелкозернистый с механическим составом фракций 2—0,5 мм — 43%, 0,5—0,05 мм — 44%, <0,05 мм — 13%. Естественная влажность в среднем равна 33%, объемная масса — 1,95 г/см^3, плотность — 2,66 г/см^3, коэффициент пористости 1,2.

Элювиально-делювиальные отложения представлены комплексом суглинков, реже глин и супесей со щебнем и глыбами базальтов. Мощность их не более 3—6 м, редко достигает 10 м. Суглинки в верхней части разреза легкие и средние, в нижней — тяжелые, пластичные. Содержание щебня и глыб увеличивается к основанию разреза. Грунтовые воды имеют спорадическое распространение.

Из современных геологических процессов здесь наблюдаются солифлюкционные процессы и пучения пород.

Породы флишоидной и молассовой формации объединяют отложения верхнего и нижнего мела, развитые в Восточно-Сихотэ-Алиньском, Нижнебакинском и частично в Горинском синклинориях. Они представлены комплексом песчаников, алевролитов, аргиллитов, иногда ритмично переслаивающихся с конгломератами, и характеризуются частой перемежаемостью состава как по простиранию, так и по мощности. Поро-

ды собраны в систему прямых симметричных складок северо-восточного простирания с углами падения крыльев от 30—40 до 60—85°.

В верхней зоне (до 60—80 м) в них интенсивно развита трещиноватость, а вдоль разломов наблюдаются зоны дробления. Обводненность пород неравномерная. Воды слабо минерализованные, обладают общекислотной агрессивностью. Широко развиты щебенистые осыпи и сели, нередко спускающиеся в русла ключей и рек.

Породы флишоидно-терригенной формации средней юры и нижнего мела распространены в Нижнебакинском и Восточно-Сихотэ-Алиньском синклинориях. Комплекс сложен ритмично переслаивающимися песчаниками, алевролитами, глинистыми сланцами, а также гравелитами и конгломератами. Породы собраны в складки и нарушены зонами дробления и рассланцевания. В зоне выветривания интенсивно развита трещиноватость, проникающая на глубину до 100 м. Водоносность пород неравномерная, удельные дебиты скважин изменяются от 0,13 до 2,4 л/с, а в зонах тектонических нарушений они, по-видимому, будут более высокие. Минерализация подземных вод небольшая.

Из современных геологических процессов и явлений широко распространены осыпи и солифлюкционные процессы.

Породы вулканогенно-кремнисто-терригенной формации объединяют комплексы пород от девона до нижней юры включительно и развиты в пределах Центрально-Сихотэ-Алиньского антиклинория. Комплексы состоят из песчаников, алевролитов, сланцев, диабазов, диабазовых порфиритов и линз известняков. Породы сильно смяты в складки, осложненные крупными разрывными нарушениями. В верхней части зоны выветривания (до 80 м) они интенсивно трещиноваты, а на участках разломов сильно раздроблены и катаклазированы.

Вода в породах аккумулируется в трещинах и в зонах дробления, местами она напорная, слабо минерализованная. Высота напора достигает 105 м.

Из современных геологических процессов широкое развитие имеют осыпи, россыпи, а также солифлюкционные процессы, обусловливающие террасированный профиль склонов.

Породы метаморфической формации среднего и верхнего протерозоя развиты в Ниланском антиклинории. В Приморском крае формация представлена комплексом филлитизированных сланцев различного состава, алевролитов, сланцеватых песчаников, гравелитов. Породы смяты в линейные складки изоклинального типа с углами падения крыльев от 20—30 до 50—70°. Более интенсивно дислоцированы отложения Кербинского горста, где широко развиты зоны брекчированных, милонитизированных и окварцованных пород. Ширина этих зон колеблется от нескольких сотен метров до 2—3 км. В зоне выветривания развита региональная трещиноватость, в основном по плоскостям сланцеватости и под различными углами к ним. Трещины, открытые или заполненные глиной и кварцем. Глубина проникновения их достигает 60 м. Трещиноватость пород проникает на глубину нескольких сотен метров. Породы слабо водоносны, дебиты родников колеблются от 0,01 до 0,6 л/с. По составу воды гидрокарбонатно-кальциевые, реже смешанного катионного состава с минерализацией до 0,1 г/л, агрессивность их общекислотная. На открытых склонах развиты осыпи, отмечаются следы солифлюкционных процессов.

Породы вулканогенно-осадочной формации верхнемелового возраста распространены полосой северо-восточного простирания, прослеживающейся параллельно Восточно-Сихотэ-Алиньскому синклинорию. Комплекс представлен переслаивающимися песчаниками, алевролитами, глинистыми сланцами, а также туфопесчаниками, туфами, туффитами

и порфиритами. Отложения собраны в складки с углами падения от 20 до 70° и осложнены разрывами. До глубины 80 м в породах развита трещиноватость зоны выветривания, вдоль разрывов наблюдается сильное дробление.

На склонах наблюдаются осыпи, местами закрепленные.

Породы вулканогенной формации связаны с Западно-Сихотэ-Алиньским и Восточно-Сихотэ-Алиньским глубинными разломами. Меловые и палеогеновые эффузивные породы представлены кварцевыми порфирами, фельзитами, фельзит-порфирами и их туфами, а также туфолавами, туфопесчаниками, андезитами, андезито-дацитами, их туфами, туфолавами и туфобрекчиями. Эти породы собраны в относительно пологие неправильной или вытянутой формы брахиструктуры. К неоген-четвертичному циклу эффузивного вулканизма относятся базальты, андезито-базальты, долериты и андезито-дациты, образующие горизонтально лежащие покровы. Нижнечетвертичные базальты представлены чередованием покровов плотных пористых и ноздреватых разностей. Они широко распространены в районе Советской Гавани и на западном склоне Сихотэ-Алиня. В нижнечетвертичных и неогеновых базальтах развиты глинистые коры выветривания, встречающиеся как на поверхности, так и на глубине от 20 до 100 м. Мощность их составляет 1—3 м, редко достигает 10—15 м. В верхней зоне выветривания до глубины 30—50 м широко развита трещиноватость, образующая в базальтах столбчатую и реже глыбовую и шаровую отдельности.

Обводненность пород весьма неравномерная. В неогеновых и нижне-четвертичных базальтах вскрываются напорные воды с величиной напора от 20 до 106 м. Подземные воды характеризуются общекислотной, реже выщелачивающей агрессивностью.

Из современных геологических процессов развиты оползни, пучение, а на побережье абразия.

Физико-механические свойства базальтов: объемная масса 2,64 г/см^3; водопоглощение 1,67—2,03%; прочность при сжатии в сухом состоянии $832 \cdot 10^5$—$1091 \cdot 10^5$ н/м^2, в водонасыщенном состоянии $354 \cdot 10^5$—713×10^5 н/м^2. У андезитов: объемная масса 2,56 г/см^3, водопоглощение 0,85—1,13%; прочность при сжатии в сухом состоянии $590 \cdot 10^5$—1445×10^5 н/м^2, в водонасыщенном $401 \cdot 10^5$—$1021 \cdot 10^5$ н/м^2.

Породы интрузивной формации представлены комплексом гранитов, гранодиоритов, диоритов, реже габброидов. Эти отложения — крупнозернистые или порфировидные, полнокристаллические, массивные, плотные, в невыветрелом состоянии крепкие и очень крепкие. При их выветривании образуются щебень, дресва, нередко глыбы размером в несколько метров в поперечнике. Породы обладают хорошей водостойкостью. Временное сопротивление сжатию в сухом состоянии достигает $13 \cdot 10^7$—$19 \cdot 10^7$ н/м^2, в водонасыщенном уменьшается до $8{,}18 \cdot 10^7$ н/м^2. На крутых склонах распространены крупноглыбовые россыпи. Породы интрузивной формации обычно слабоводоносны. Агрессивность вод общекислотная, изредка выщелачивающая.

Из современных геологических процессов развиты выветривание и осыпи.

Инженерно-геологические условия региона определяются широким распространением дочетвертичных скальных, осадочных, изверженных и метаморфических пород, которые представляют собой надежное основание для возведения любых сооружений тяжелого типа, а также наличием глинистообломочной мощной коры выветривания, развитием обвалов и осыпей. Зоны тектонических нарушений характе-

ризуются сильно дробленными породами, нередко интенсивно обводненными.

Регион 53. Среднеамурская, Эвороно-Чукчагирская и Ханкайская впадины. Среднеамурская, Эвороно-Чукчагирская и Ханкайская кайнозойские межгорные впадины сложены рыхлыми четвертичными отложениями, а также плиоценовыми и слабоуплотненными палеоген-миоценовыми угленосными образованиями. Породами фундамента служат сложно дислоцированные мезо-палеозойские отложения, выступающие из-под пород осадочного чехла хребтов (Ульдурский, Шуки-Поктой и др.), сложенных скальными породами молассовой, вулканогенной, кремнисто-терригенной, флишоидно-терригенной, интрузивной и эффузивной формаций.

В пределах региона выделяется геоморфологическая область Среднеамурская и Эвороно-Чукчагирская аллювиальные равнины с Приханкайской низменностью, которые имеют абсолютные отметки поверхности рельефа 300—400 м и относительные превышения 40—60 м. Степень расчлененности равнин незначительная, лишь на междуречье Амура и Зеи и их притоков сформирована сплошная эрозионная сеть, врезанная на глубину до 100 м. Вдоль рек Зеи и Амура развит комплекс речных террас высотой от 4—10 до 50—80 м. Приханкайская низменность, протягивающаяся от водораздела р. Суйфун на юге до устья р. Бикин на севере, и представляет собой равнину. Озеро Ханка окружено болотами, развитыми на площади до 1000 км^2. По периферии низменности располагается слабоволнистая поверхность с отдельными холмами, имеющими абсолютные отметки от 70 до 150 м. Поверхность прорезана неглубокими и плохо выраженными в рельефе долинами рек.

Впадина сложена озерными и аллювиальными отложениями, а также породами молассовой формации. В регионе распространены генетические типы аллювиальных, озерных и озерно-аллювиальных четвертичных отложений и породы молассовой формации

Аллювиальные отложения слагают низкую и высокую пойму и первую надпойменную террасу р. Амура. Они представлены комплексом песков, местами иловатых с гравием и галькой, иногда суглинков общей мощностью до 10—12 м. Отложения обводнены. Подземные воды неагрессивные, залегают близко к поверхности.

Озерно-аллювиальные отложения, слагающие высокие террасы р. Амура, состоят из комлекса глин мощностью до 30 м с прослоями песков и галечников. С поверхности на глинах, а иногда на песках залегают обводненные торфяники мощностью до 3 м, реже до 6 м.

Физико-механические свойства мелкозернистого песка следующие: естественная влажность 4—10%, плотность 2,68—2,69 г/см^3, объемная масса 1,22—1,86 г/см^3, коэффициент фильтрации 0,8—4,3 м/сут, допускаемое давление 10^5 н/м^2 глины: естественная влажность 22,4—28,3%, число пластичности 8,2—11, плотность 2,64—2,69 г/см^3; объемная масса 2,02—2,04 г/см^3, допускаемое давление $2 \cdot 10^5$ н/м^2. Глубина залегания подземных вод на низкой и высокой поймах не превышает 5 м, на надпойменных террасах она достигает 30 м и более. Воды безнапорные, но на участках, где пески перекрываются глинами, они приобретают напор величиной от 2 до 30 м. Наиболее обводненными являются современные (г. Хабаровск) и нижне-среднечетвертичные (г. Комсомольск) аллювиальные отложения. На высоких террасах широко развита заболоченность. Подземные воды имеют минерализацию до 0,15 г/л, реже до 0,3 г/л, обладают выщелачивающей и общекислотной агрессивностью. Из современных геологических процессов наиболее развито заболачивание. По берегам Амура наблюдаются оползни, представляющие огром-

ные блоки земляных масс, сползающих по увлажненным глинистым слоям. Значительно развиты овраги.

Озерные отложения представлены комплексом глин с редкими прослоями и линзами песков раннечетвертичного возраста, которые относятся к группе связных пород.

Физико-механические свойства озерных глин следующие: плотность 2,65 г/см^3, объемная масса скелета грунта 1,40 г/см^3, число пластичности 18, коэффициент пористости 0,89.

Глинистый состав озерных отложений обусловливает их водонепроницаемость и способствует образованию болот, которые имеют в районе широкое распространение. Все болота, развитые вдоль оз. Ханка и по долине р. Уссури, верхового типа.

Породы молассовой формации относятся к верхнему структурному этажу и содержат два геолого-генетических комплекса: эоцен-миоценового и плиоценового возраста. Они относятся: первый к группе полускальных пород с пластичными, а второй к группе уплотненных песчаных и песчано-галечниковых отложений.

Породы эоцен-миоценового возраста распространены незначительно в регионе и выходят на поверхность в районах: южнее оз. Ханка, восточнее г. Спасска-Дальнего и в приустьевой части г. Бикин.

Комплекс состоит из алевролитов и аргиллитов с пачками и пластами углей, аргиллитоподобных глин, слабо уплотненных песчаников и конгломератов. Максимальная мощность комплекса 1800—1900 м. Воды этих отложений имеют спорадическое распространение и обладают напором. Величина напоров изменяется в пределах 30—40 м. Воды комплекса пресные с минерализацией преимущественно до 0,5 г/л, неагрессивны.

Общекислотная и сульфатная агрессивность вод наблюдается довольно редко в пределах рудных полей сульфатных месторождений и имеет локальное распространение, связанное с зоной окисления последних.

Для аргиллитоподобных глин палеогенового возраста характерно пучение. Породы комплекса в стенках и кровле подземных горных выработок неустойчивы.

В местах выхода глинистых пород на поверхность образуются болота верхового типа. Для глины в районе оз. Ханка характерны следующие показатели физико-механических свойств: плотность 2,68 г/см^3, число пластичности 21, объемная масса в естественном состоянии 2,10 г/см^3, естественная влажность 16%, пористость 32%, коэффициент пористости 0,5.

Комплекс пород плиоценового возраста выходит на поверхность в районе среднего течения р. Суйфун, восточнее г. Спасска-Дальнего, южнее г. Лесозаводска и в районе г. Имана. Комплекс состоит из горизонтально залегающих уплотненных песчаных, песчано-гравийных и гравийно-галечниковых, реже глинистых отложений, лежащих несогласно на породах, древнее палеогена. Мощность комплекса составляет 50—80 м, максимальная 130 м. Глубина залегания подземных вод в них обычно равна 10—15 м, агрессивностью воды не обладают. Породы комплекса рыхлые и легко размываются, особенно во время интенсивных ливней. Это приводит к образованию оврагов с формированием галечниковых конусов выноса в их устьях.

Инженерно-геологические условия региона определяются равнинным и низменным характером рельефа, развитием преимущественно рыхлых аллювиально-озерных и молассовых отложений, широким распространением болот, вследствие чего значительные площади Среднеамурской равнины без предварительного осушения не пригодны для

сельскохозяйственного освоения и строительства. В связи с этим необходим комплекс мелиоративных мероприятий. Вдоль р. Амура развиты оползни и овражная сеть.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Сихотэ-Алиньских регионов

Данная территория, геологическая история которой выяснена только с мезозоя, представлена породами геосинклинального комплекса, возраст которого исчисляется от позднего мела до палеогена. Здесь развиты породы вулканогенной, флишевой, молассовой, а также более молодой эффузивной формации среднего и кислого состава, а во впадинах — терригенные и угленосные породы и рыхлые четвертичные отложения. В геоморфологическом отношении это горная страна с высокогорным рельефом в центральной части, окруженная по краям мелкосопочником. В межгорных впадинах развиты равнинные территории с широким комплексом речных террас.

В неотектоническом отношении Сихотэ-Алинь представляет собой область активных неотектонических поднятий с одновременным устойчивым опусканием во впадинах. Восточная часть территории граничит с приморским тектоническим поясом, оконтуривающим территорию СССР.

Гидрогеологические условия определяются подземными водами зоны открытой трещиноватости (на востоке и середине полуострова) и пресными грунтовыми водами — в равнинной части.

Климат этой горной страны, с востока омываемой Японским морем, влажный с умеренно теплым летом и умеренно малоснежной и теплой зимой.

Из современных геологических процессов здесь развиты выветривание, осыпи, обвалы, россыпи, оползни, заболоченность, а на морском побережье абразия.

При освоении территории необходимо проводить мелиоративные работы, связанные с осушением болот. Данная территория находится в зоне сейсмичной активности силой от 4 до 7 баллов.

С. РЕГИОНЫ ВЕРХОЯНО-ЧУКОТСКИЕ

Данная территория располагается на северо-востоке СССР, восточнее рек Лены и Алдана. Она охватывает Верхоянскую и Чукотскую складчатые системы.

В структуре региона выделяется фундамент, возникший в архее. Однако Верхояно-Чукотская складчатая система является молодой страной, включающей серию горных хребтов, их отрогов и впадин. В плане система образует дугу с выпуклостью к западу, окаймляющую Колымо-Омолонский срединный массив, отделяясь от него глубинными разломами. В геологическом разрезе регионов развиты породы от архея до неогена.

В истории геологического развития региона выделяют несколько этапов. В архее сформированы структурные формы фундамента, обнаженные в Охотском массиве. Во второй этап с середины протерозоя до раннего карбона образовался структурный комплекс, обнажающийся в восточной и западной окраинах системы. В третьем этапе (пермь — средняя юра) господствовал геосинклинальный режим, в верхней юре — верхнем мелу включительно происходило преобразование геосинклинальной области в складчатую. В эпоху геосинклинального осадконакопления сформировались мощные толщи терригенных осадков. Осо-

бенностью развития Верхояно-Чукотской геосинклинали является формирование однообразных осадочных толщ. Во время преобразования геосинклинальной области в складчатое сооружение происходили крупные поднятия территории, внедрение гранитоидных интрузивных масс, заложение и развитие крупных межгорных наложенных впадин, сокращение морского бассейна.

Верхнепалеозойский мезозойский этаж данного региона образован породами терригенных (карбон, пермь, триас, юра, частично мел), терригенно-угленосных (нижний мел) и эффузивно-терригенных (верхний триас, юра и в особенности мел) формаций, включающих комплексы пород от конгломератов до углей в терригенных разностях и от базальтов до дацитов — в вулканогенных. Верхнемезозойский—кайнозойский этаж представлен терригенно-угленосными формациями верхнего мела — неогена и четвертичными отложениями, образовавшимися в межгорных котловинах и наложенных впадинах. Наиболее широко развиты интрузивные формации, в которых преобладают гранитоиды. Основу тектонической структуры региона составляют глубоко метаморфизованные докембрийские кристаллические комплексы, отдельные выходы которых наблюдаются на Охотском массиве. На протяжении от рифея до нижнего карбона характерно развитие обширных глубоких прогибов. В этот период существовали платформенные условия. Прогибы заполнялись преимущественно терригенными осадками. Вулканические образования в осадочных породах имеют подчиненное значение.

Четвертичный этап региона — период его континентального существования характеризуется высокой тектонической активностью. Происходили колебательные движения блокового характера на общем фоне поднятия, в результате которых сформировались сложные горные сооружения, межгорные впадины и обширные приморские низменности.

В начале и середине четвертичного периода многие высокогорные и среднегорные области региона подверглись оледенению.

Климат региона суровый, резко континентальный, характеризуется среднегодовыми температурами воздуха в пределах —36—14°. Средняя температура января составляет —20—30°, а июля 10—30°. Годовое количество атмосферных осадков колеблется от 300 до 400 мм. Бóльшая часть годовой нормы осадков (60—70%) приходится на май — сентябрь. Снежный покров ложится в октябре и держится до апреля — мая. Регионы находятся в области развития многолетнемерзлых пород.

Гидрографическая сеть регионов характеризуется наличием поверхностного стока лишь в теплый период. Она сильно разветвленная. Реки принадлежат к бассейну Северного Ледовитого океана, впадают в Восточно-Сибирское и Чукотское моря. Основными реками являются Омолон, Яна, Чандон, Храма, Индигирка, Алазея и Колыма. Особенностью этих рек является крайняя неравномерность стока, маловодье в зимний период, продолжительный ледостав и промерзание до дна.

Регион 54. Верхояно-Чукотская складчатая зона с Охотским массивом. Основными геотектоническими элементами в пределах данного региона являются: Яно-Колымская и Чукотская зоны мезозойской складчатости (Колымо-Чукотский складчатый пояс). Развитие этого пояса происходило от позднего карбона — нижней перми до нижнего мела.

В пределах региона выделяются две геоморфологические области: структурно-денудационно-тектоническое высокогорье с пенепленами и эрозионно-тектонические средненизкогорья и низкогорья с морскими аккумулятивными равнинами.

Область структурно-денудационно-тектонического высокогорья и пенеплены характеризуются альпинотипным высокогорным рельефом. Слабо развит эрозионно-аккумулятив-

ный рельеф. Отметки превышают 2000 м, относительные превышения до 900 м и более. Широко развиты карры и цирки. Долины имеют V-образную форму, порожистые.

В пределах области наиболее широко распространены породы карбонатной, терригенной, интрузивной и молассовой формации. Слабо развит аллювий, наиболее широко распространены ледниковые отложения, с которыми связаны осыпи, курумы, наледи и термокарст. Многочисленны подпрудные и термокарстовые озера. Освоение территории осложняется помимо развития мерзлоты, интенсивной расчлененностью рельефа, осыпями и наледными явлениями. Кроме того, в западной части отсутствуют выровненные участки, за исключением речных долин.

При строительстве наземных сооружений и дорог на пологих склонах, сложенных высокольдистыми супесчано-щебенистыми отложениями, содержащими подземные льды, рекомендуется обеспечить сохранение грунтов в мерзлом состоянии и осуществлять мероприятия против возникновения интенсивных солифлюкционных процессов и оплывания грунтов.

На грубообломочных грунтах возможно строительство с применением предпостроечного оттаивания. Следует учитывать несколько повышенную сейсмичность области, в которой возможны землетрясения до 6 баллов, а на севере до 7—8 баллов.

Область эрозионно-тектонического среднегорья и низкогорья с морскими аккумулятивными равнинами охватывает северо-восточную часть региона. Среднегорный рельеф развит на породах вулканогенной, интрузивной и метаморфической формаций. Абсолютные отметки среднегорья колеблются от 1100 до 1500 м, а относительные превышения — от 400 до 800 м. Долины глубоко врезаны, имеют V-образный поперечный профиль. Склоны гор прямые, выпуклые, вогнутые с крутизной от 20 до 40°. Бóльшую часть области занимает низкогорье, сложенное породами терригенной, карбонатной и молассовой формаций. Водоразделы, сглаженные, склоны гор пологие с крутизной, редко превышающей 10—15°. Характерной чертой области является наличие нагорных террас. Вдоль побережья Чукотского и Восточно-Сибирского морей на значительных площадях развиты морские аккумулятивные равнины с останцами низкогорного рельефа. Абсолютные отметки равнин изменяются от 150—200 до 3—15 м в прибрежной полосе. На современном этапе происходит относительное погружение морского побережья. Широко развиты осыпи, солифлюкция, пучение, карст, эрозия, наледи, термокарст и заболачивание.

Наиболее широко в пределах данного региона распространены породы терригенной, терригенно-карбонатной, молассовой, интрузивной, метаморфической и вулканогенной формаций.

В межгорных впадинах региона сформировались *озерно-аллювиальные отложения.* Они представлены комплексом разнозернистых песков, супесей, илов, суглинков, глин и относятся к инженерно-геологической группе песчаных пород с включением обломочных. Крупность материалов возрастает снизу вверх. Мощность отложений колеблется от нескольких десятков метров до нескольких сот. Широко развиты термокарст, заболачивание и пучение.

Характерным для данных отложений является наличие крупных линз подземных льдов, льдонасыщенность глинистых пород, термокарст и значительные просадки глинистых пород при оттаивании. Строительство инженерных сооружений рекомендуется осуществлять по принципу сохранения мерзлых пород в основании сооружений.

Ледниковые и флювиогляциальные отложения занимают обширные площади северной части Чукотского полуострова. Комплекс пород пред-

ставлен песчано-гравийно-галечниковыми отложениями с подчиненными им галечниками и валунами. Отложения насыщены льдом. Широко развиты термокарст и заболачивание.

Озерно-аллювиальные отложения сложены комплексом суглинков, глин, суглинков с разнозернистыми песками и редкими прослоями галечников. Породы содержат подземные воды в виде линз, общая мощность их составляет 20—30 м. Комплекс пород относится к инженерно-геологической группе связных с песчаными. Широко развиты процессы пучения, заболачивания и термокарст.

Аллювиальные отложения представлены комплексом песчаных и песчано-галечных пород. Верхняя часть их представлена песками и песчано-глинистыми породами с прослоями торфяников. Основная часть комплекса сложена гравелисто-галечными породами с разнозернистым песчаным и песчано-глинистым заполнителем. Подземные воды, залегающие в них на глубинах 5—10 м, обладают выщелачивающей агрессивностью. Гравийно-галечниковые породы в мерзлом состоянии обладают высокой прочностью, трудно разрабатываются и имеют давление до $5 \cdot 10^5$—$6 \cdot 10^5$ н/м^2. В породах льдистость составляет более 10%. Конечная осадка при оттаивании равна 5 см на 1 м. Наименее благоприятными в инженерно-геологическом отношении являются глинистые породы. Они обладают высокой льдистостью в мерзлом состоянии и при оттаивании теряют прочность, приобретая вязкую и текучую консистенцию.

Породы молассовой формации верхней юры — нижнего мела представлены комплексом туфоконгломератов, туффитов, общей мощностью до 850—900 м. Они дислоцированы с падением под углом 25—30°. Широко развиты каменные и щебенистые осыпи.

Породы терригенной формации перми, триаса и юры представлены комплексом алевролитов, аргиллитов, песчаников, песчано-глинистых сланцев и глинистых сланцев, относящихся к инженерно-геологической группе полускальных со скальными. Общая мощность комплекса несколько тысяч метров, характерно частое чередование и смена пород комплекса по вертикали. Породы дислоцированы в линейные складки северо-восточного простирания, прорваны многочисленными гранитными интрузиями, разбиты тектоническими трещинами.

С породами данной формации связаны эрозия, осыпи, солифлюкция, в долинах рек наледи, достигающие в длину 7—10 км при ширине до 0,7—1 км. Первый от поверхности водоносный горизонт приурочен к сезонно-талому слою, который слабо обводнен вследствие сильно расчлененного рельефа.

Породы терригенно-карбонатной формации верхнего девона и нижнего карбона состоят из комплекса переслаивающихся пластов и пачек песчаников, алевролитов, глинистых и песчано-глинистых сланцев, известковистых песчаников и известняков. Нередко известняки играют главную роль. Общая мощность комплекса около 4000 м. Породы относятся к инженерно-геологической группе скальных с полускальными. Дислоцированность их сравнительно невысокая. Они смяты в пологие линейные складки. С породами данного комплекса связаны карстовые явления, осыпи, на пологих склонах развита солифлюкция. Поверхность пород нередко заболочена.

Породы метаморфической формации протерозойского возраста развиты на Чукотском полуострове. Они представлены комплексом высокопрочных биотитовых гнейсов, часто интенсивно магматизированных биотитовых, амфиболитовых кристаллических сланцев, мраморов и мраморизованных известняков, общей мощностью более 2000 м. Преобладают гнейсы и кристаллические сланцы, которые относятся к инженер-

но-геологической группе скальных пород. Эти отложения сильно трещиноваты, трещины, как правило, вертикальные Подземные воды приурочены к сезонно-талому слою, мощность которого не более 1,2—2 м. Обводненность незначительная. Широко развиты в пределах данной формации осыпи, курумы, солифлюкция, снежники, пучение, а вдоль побережья — обвально-осыпные процессы, связанные с абразией

Породы вулканогенной формации верхнеюрского возраста представлены комплексом фельзитов, липаритов, дацитов, липарито-дацитов, андезитов, порфиритов, туфов и туфоконгломератов, общей мощностью 500—600 м. Они дислоцированы в пологие складки с углами падения на крыльях 10—15°

Широко развиты в породах данной формации осыпи, а также возможны обвалы.

Породы интрузивной формации, образовавшиеся в юрское и меловое время, представлены комплексом гранитов, гранодиоритов и гранит-порфиритов, относящихся к инженерно-геологической группе скальных пород. Рельеф сильно расчлененный, склоны крутые, обрывистые, речная сеть слабо разветвлена, но глубоко врезана В высокогорной части развиты ледниковые формы рельефа. Широко распространены обвалы, осыпи, курумы, зимой — снежные лавины. В долинах рек — наледи.

Инженерно-геологические условия региона определяются широким развитием дочетвертичных мерзлых пород, обладающих высокими прочностными показателями. Рельеф сложный, расчлененный. Широко развиты процессы, связанные с многолетней мерзлотой, а также осыпи, обвалы, каменные потоки и снежные лавины. Сейсмичность оценивается в 6—7 баллов.

Регион 55. Приморская Верхнехиникенская брахисинклиналь. Регион выражен в рельефе низкой равниной с абсолютными отметками поверхности до 80—100 м Он представляет собой область аккумулятивной озерно-аллювиальной равнины, в пределах которой развиты озерно-аллювиальные и аллювиальные отложения.

Озерно-аллювиальные отложения наиболее широко распространенены в регионе. Они представлены комплексом пылеватых лёсовидных иловатых супесей и суглинков, иногда слоистых, мощностью более 60—70 м. Характерной особенностью комплекса является повсеместная и сильная насыщенность их льдом в виде мелких прослоев (линзочек), прожилков и крупных клиновидных тел. Песчаные разности также обладают очень высокой (до 30—40%) льдистостью. При оттаивании супесей суглинки и пески превращаются в типичные плывуны, разжиженные грунтовые массы. Широко развиты термокарст, заболачивание и пучение.

Аллювиальные отложения представлены комплексом мелких тонкозернистых песков, сменяющихся кверху супесями и суглинками. Отложения относятся к инженерно-геологической группе песчаных и глинистых пород. Широко развиты заболачивание и термокарст.

Инженерно-геологические условия региона определяются распространением сплошной мерзлоты, равнинным характером рельефа, преимущественным и широким развитием мощных четвертичных отложений, насыщенных льдом, которые при оттаивании резко снижают несущую способность и характеризуются развитием термокарста, пучения и заболоченности. Строительство любых инженерных сооружений здесь рекомендуется осуществлять при условии сохранения естественного (отрицательного) теплового режима грунтов в основании сооружений.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Верхояно-Чукотских регионов

В формировании инженерно-геологических условий Верхояно-Чукотской области преимущественное развитие получили терригенные и вулканогенные формации, а в прибрежных районах на севере, в долинах и дельтах рек Колымы и Индигирки — ледниковые, озерно-аллювиальные и морские промороженные песчано-глинистые образования.

Четвертичные отложения в горной части представлены преимущественно породами ледникового генезиса крупнообломочного состава.

В геоморфологическом отношении регион на севере представлен аккумулятивными равнинами, на востоке лавовыми плоскогорьями и эрозионно-денудационными горами, а на юге горами и нагорьями на складчатом основании с устойчивыми и интенсивными новейшими поднятиями, узкими гребнями водоразделов и слабым отражением в рельефе древних складчатых структур.

В неотектоническом отношении равнинной территории у северных морских берегов присущи устойчивые опускания, а окружающим их горным сооружениям — устойчивые поднятия.

Гидрогеологические условия региона характеризуются слабой изученностью и преимущественным распространением подмерзлотных и надмерзлотных пресных вод. Последние часто образуют наледи. Близко залегают агрессивные грунтовые воды.

Современные геологические процессы в горной части проявляются в развитии осыпей, обвалов, наледей, льдистости, солифлюкции, термокарста, пучения и абразии. В Приморской аккумулятивной равнине характерны пучение, наледи, абразия, заболоченность, островки мерзлоты.

В целом следует отметить труднодоступность и слабую изученность территории с широким развитием мощной зоны многолетнемерзлых пород. Сейсмичность с юга на север изменяется от 6 до 8 баллов.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНОВ ГЕОСИНКЛИНАЛЬНОГО РЕЖИМА

Геосинклинальный режим развития отдельных участков земной коры характеризуется большой скоростью движений, линейной направленностью и однородностью по простиранию. Он сопровождается многочисленными глубинными разломами земной коры, захватывающими нередко и верхнюю мантию. Характерна интенсивная сейсмичность, складкообразование и интрузивная деятельность по разломам. При геосинклинальном режиме происходит глубокая переработка фундамента. В результате дифференциации подкорового слоя геосинклинальный режим продолжается длительное время, сменяя этапы более спокойного развития на более активные. В настоящее время геосинклинальный режим на разных стадиях развития проявляется в Альпийском и Тихоокеанском поясах. В развитии геосинклинального режима выделяются две стадии, отличающиеся преобладанием движений одного типа, интенсивного складкообразования, магматизма и др.

Для первой стадии — опускания характерны нисходящие движения с определенным типом магматизма и другими геологическими явлениями, для второй — поднятия, резко усиливается складкообразование и преобладание магматизма кислого состава.

7. РЕГИОНЫ АЛЬПИЙСКИЕ

Альпийская геосинклинальная область неоднородна по своему строению и поэтому подразделяется на ряд регионов, отличающихся различными стадиями развития, различием геологического строения и,

как следствие, инженерно-геологическими условиями. В состав ее входят: Карпатская складчатая зона, Закарпатская межгорная впадина, Крымский мегантиклинорий, мегантиклинорий Большого Кавказа, Закавказский межгорный прогиб, Аджаро-Триалетская складчатая система, мегантиклинорий Малого Кавказа, Талышский антиклинорий, Закаспийская впадина, Копетдаг, Парапамиз и складчатая зона Памира (Памиро-Алайское поднятие).

Альпийская геосинклинальная область, входящая в состав Альпийского или Средиземноморского пояса, располагается в пределах Советского Союза лишь частично. Типичным для этой области является: дислоцированность отложений от древних до четвертичных, наличие высоких гор и глубоких впадин, интенсивная сейсмичность и разнообразие геологического строения. Все это указывает на незаконченность дифференциации этого участка земной коры и продолжение складкообразования.

В пределах Советского Союза прослеживается только северная граница альпийского геосинклинального пояса, совпадающая, как правило, с зонами разломов, отделяющих его от Русской платформы на западе и Скифско-Туранской кайнозойской области на востоке.

Территория к западу от Каспийского моря характеризуется высокой сейсмичностью с эпицентрами, приуроченными как к коре, так и к мантии, связанными с глубинными разломами. Наряду с неоднородностью выделяемых регионов общим для них является: два периода развития, разделенные крупной переработкой тектонического плана в конце палеозоя — в триасе.

Геологическая история развития. В пределах Альпийских регионов выделяются докембрийский, каледонский, герцинский и альпийский этапы развития, обусловившие особенности геологического строения.

В докембрийский этап существовала на данной территории геосинклиналь, в которой отлагались песчано-глинистые породы, реже известняки. Породы подвергались интенсивной складчатости и метаморфизации, в результате чего образовался кристаллический складчатый фундамент.

В каледонский этап консолидировалась верхняя, сильно складчатая часть кристаллического фундамента, сложенная слабо метаморфизованными породами, выходы которых встречаются совместно с докембрийскими. Состав отложений указывает на геосинклинальный режим бассейна их накопления, развитие которого к концу каледонского этапа завершилось складкообразованием.

В герцинский этап началось заложение и развитие геосинклинальных прогибов, которые сменились заполнением их и формированием складчатых сооружений межгорных и предгорных равнин.

В каледонском и герцинском этапе происходили интрузии гранитоидов палеозоя и формирование кристаллического фундамента.

Альпийский, наиболее изученный этап геологического развития, делится на четыре стадии: начальную, когда шло накопление пород аспидной сланцево-граувакковой толщи Кавказа; раннюю — время расширения геосинклинали и накопление мощных толщ пород терригенной и флишевой формаций; среднюю — стадию развития вторичных геосинклинальных прогибов, в которых отложились терригенно-карбонатные породы мела, палеоцена и среднего эоцена; позднюю (верхний эоцен — антропоген) — начало развития складчатых горных сооружений Альпийских регионов, заложение межгорных прогибов, развитие передовых прогибов, в которых откладывались породы молассовых формаций, время медленных тектонических движений.

Климат Альпийских регионов характеризуется вертикальной зональностью, в соответствие с которой можно выделить три вида территорий — равнинную, предгорную и горную.

Равнинная часть характеризуется климатом умеренно теплых пустынь и средних степей с короткой зимой и продолжительным теплым летом. Основная часть осадков выпадает летом. Лето жаркое, годовое количество осадков от 450 до 700 мм. Снежный покров неустойчив. Держится на побережье 10—15 дней. Средняя температура января 0—3°, июля плюс 25—27°. Годовое количество осадков колеблется от 200 до 600 мм. На западном побережье Кавказа климат умеренно теплый, влажный, субтропический. Здесь температура самого холодного месяца — января — +6°, августа +23°, а годовая сумма осадков превышает 1200 мм. Осадки носят ливневый характер.

Предгорная часть (до 1000 м) характеризуется недостаточно влажным теплым климатом с годовым количеством осадков до 450—900 мм Снежный покров держится до 20—25 дней Среднегодовая температура варьирует от 10 до 14°, январская от 0—3 до —14°, июльская от 5—10 до 25—27°.

Климат горной части (выше 1000 м) прохладный, характерны сильные ветры, зимой интенсивные гололеды, изморозь и метель. Лето в горах прохладное, а зима суровая. Среднегодовая температура воздуха составляет +6°С, июля +15 +16°, января —4°С. Количество выпадающих осадков в горах возрастает по мере увеличения высоты от 1400 до 1800 мм и более.

Гидрографическая сеть территории Альпийских регионов развита густо. Данные регионы являются областью питания всех рек Карпат, Крыма, Кавказа и Памира. Долины рек в верховьях троговые, с крутыми бортами, скалистыми узкими водораздельными хребтами. Питание рек снеговое, подземное, а также за счет таяния фирнов. Модуль среднего стока колеблется от 2—3 (низкая часть) до 10 л/с на 1 км^2. Половодье проходит бурно, с неоднократными подъемами и спадами и заканчивается в начале июля; второй подъем наблюдается в сентябре и связан с таянием ледников.

Регион 56. Карпатская складчатая зона или мегантиклиналь Восточных Карпат (по М. В. Муратову) подразделяется на внутреннюю и внешнюю антиклинальные и центральную синклинальную зоны.

Внутренняя антиклинальная зона, сложенная эоценом, мелом и юрой, приподнята с начала нижнего мела и протягивается непрерывной, широкой полосой, частично охватывая главный водораздел Карпат и их юго-западный склон. Ядро сложено кристаллическими сланцами, которые дислоцированы и метаморфизованы до мезозоя.

Центральная синклинальная зона представляет собой глубокий прогиб, заполненный мощной толщей олигоценовых отложений менилитовой и кросненской свит.

Внешняя антиклинальная зона сложена породами от нижнего и верхнего мела до палеогена. Она представляет собой сложноскладчатую структуру с надвигами северо-восточного направления в сторону краевой Предкарпатской впадины.

Мегантиклиналь Восточных Карпат является территорией устойчивых и интенсивных новейших поднятий.

В геоморфологическом отношении данный регион представляет собой Карпатское среднегорье, где наблюдается чередование гор с продольными долинами. Высота хребтов в Центральной части достигает 2058 м. Горизонтальное расчленение менее 0,2 км, вертикальное — 400—700 м. Высокие горные хребты разделяются поперечными узкими долинами с крутыми склонами. На водоразделах широко развиты древние

поверхности выравнивания со слабым отражением в рельефе плана древних складчатых структур. Горные хребты имеют сильно расчлененный рельеф с высокими резкими пиками. Они сложены плотными кварцевыми песчаниками палеогена.

Для склонов Карпатских гор характерно развитие осыпей, обвалов и селей.

Четвертичные отложения в регионе преимущественно элювиально-делювиального генезиса, имеют незначительную мощность, они покрывают невыдержанным по мощности чехлом горные хребты и их вершины.

Эти элювиально-делювиальные отложения представлены комплексом суглинков и супесей с включением обломков горных пород. Его мощность в верхних и средних частях склонов равна 0,5—3 м, а в нижних доходит до 10 м и более. На водоразделах эти отложения имеют более грубый состав и содержат включения песка, гравия и щебенки. Вниз по склону состав пород становится мельче, переходя в лёссовидные суглинки.

Подземные воды, приуроченные к этим отложениям, пресные, неагрессивные.

Породы *флишевой формации* мелового и палеогенового возраста распространены по обе стороны от центрального поднятия в прогибах и представлены четырьмя комплексами.

Комплекс переслаивающихся аргиллитов, алевролитов и песчаников красных и зеленых тонов эоценового и олигоценового возраста относится к инженерно-геологической группе полускальных пород. Он развит в Центральной синклинальной зоне Восточных Карпат и включает менилитовую и кросненскую серии. Менилитовая серия сложена черными битуминозными некарбонатными сланцами, ритмично чередующимися с серыми аргиллитами и песчаниками. Кросненская серия олигоцена представлена чередующимися слоями серых карбонатных песчаников и аргиллитов. Песчаники плотные, сцементированные крепким цементом. Допускаемые нагрузки превышают 10^6 н/м^2. Общая мощность достигает 500 м. Породы обводнены по трещинам, глубина залегания подземных вод составляет 15—20 м.

Комплекс пестроцветных плотных глин с прослоями песчаников, аргиллитов, алевролитов, гравелитов и конгломератов палеоцена имеет общую мощность от 50 до 200 м. Он относится к инженерно-геологической группе полускальных с глинистыми пород.

Допускаемое напряжение на песчаники от $6 \cdot 10^5$ до $16 \cdot 10^5$ н/м^2. Породы обводнены по трещинам на глубине от 0,5 до 50 м.

Комплекс отложений чередующихся аргиллитов и крепких известковистых песчаников общей мощностью около 1000 м верхнемелового возраста относится к инженерно-геологической группе полускальных пород.

Песчаники характеризуются плотностью от 2,69 до 2,76 г/см^3, объемной массой от 2,2 до 2,6 г/см^3, водопоглощением от 0,48 до 1,58%. Временное сопротивление сжатию варьирует от $520 \cdot 10^5$ до $1850 \cdot 10^5$ н/м^2. Породы слабо обводнены по трещинам.

Комплекс песчаников, конгломератов, глин и мергелей нижнемелового возраста относится к инженерно-геологической группе полускальных с глинистыми пород. Породы данного комплекса обводнены по трещинам. Глубина залегания подземных вод составляет 10 м, а по тектоническим зонам достигает 150 м.

Инженерно-геологические условия Карпатской складчатой зоны определяются сложным интенсивно расчлененным горным рельефом, преимущественным распространением дочетвертичных флишевых и терригенных пород, широким развитием обвалов, осыпей, оползней и селей. Строительство осуществляется главным образом по долинам рек.

Крутые долины рек и обрывистые склоны, сложенные высокопрочными породами, создают предпосылки для сооружения здесь плотин. Интенсивная пересеченность территории обусловливает необходимость при строительстве дорог создания тоннелей, мостов, глубоких выемок и насыпей

Регион 57. Закарпатская межгорная впадина включает Верхне-Тиссенскую и Чоп-Мукачевскую впадины, разделенные между собой Выгорлат-Гутинской грядой.

В геоморфологическом отношении регион представляет собой Закарпатскую низменность.

Область Закарпатской низменности располагается южнее Горных Карпат, имеет слабый уклон в юго-западном направлении и является территорией опусканий. Горизонтальное расчленение равно 0,6—0,8 км, вертикальное — 10—60 м, средние углы наклона склонов 1°30, абсолютные отметки от 100 до 200 м.

Выгорлат-Гутинская горная гряда представляет собой платообразное пологоволнистое нагорье, местами с действующими и потухшими вулканическими конусами. Рельеф здесь достигает отметок 500—700 м. Выгорлат-Гутинская гряда расчленяется притоками р. Тиссы на ряд массивов, отметки поверхности которых колеблются от 400 до 100 м. Все вершины сложены горизонтально лежащими или смятыми в пологие складки эффузивными породами.

Чоп-Мукачевская впадина сложена песчано-глинистыми отложениями плиоцен-четвертичного возраста, а Верхне-Тиссенская — мощной толщей рыхлых осадочных пород, переслаивающихся с горизонтами вулканических туфов и соленосных отложений.

Озерно-аллювиальные отложения в регионе представлены комплексом суглинков, супесей и песков с прослоями и линзами гравия и гальки плиоцен-четвертичного возраста. Мощность отложений изменяется от 1 до 20 м.

Грунтовые воды в них залегают на глубинах от 1 до 10—15 м и обладают выщелачивающей агрессивностью. Выходы грунтовых вод часто образуют слабую заболоченность в пониженных местах рельефа.

Породы *молассовой формации* представлены комплексом песчано-глинистых отложений с прослоями туфов и пластов лигнита, с включением вулканических образований неогенового и неоген-четвертичного возраста. Они относятся к инженерно-геологической группе связных пород с песчаными.

Комплекс миоценовых и плиоценовых отложений характерен для передовых межгорных прогибов. Он входит в инженерно-геологическую группу песчаных и песчано-галечниковых пород с пластичными и состоит из песчаников, конгломератов, туфов, туфобрекчий, глинистых сланцев, алевролитов с прослоями глин. В нижней части преобладают глины, местами конгломераты миоценового возраста. Эти отложения распространены в Верхне-Тиссенской впадине, их мощность достигает 5—6 тыс. м.

Породы *терригенно-карбонатной формации* триас-юрского возраста представлены комплексом конгломератов, доломитов, сланцев и входят в инженерно-геологическую группу полускальных пород. Мощность отложений колеблется от 40 до 100 м. Допускаемое напряжение на конгломераты равно $6 \cdot 10^5$ н/м^2. Породы обводнены по трещинам.

Породы *метаморфической формации* представлены комплексом кристаллических сланцев, мраморов, кварцитов, гнейсов и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Они слагают Марморошский массив.

Кристаллический комплекс образует ядро сложного и очень крупного антиклинория, покрытого чехлом дислоцированных известняков, мраморов, порфиритов, песчаников, конгломератов триасового и юрского возраста.

Породы водоносные по трещинам и зонам дробления. Грунтовые воды пресные; приурочены к коре выветривания палеозойских кристаллических пород. Слабоминерализованные воды приурочены к глубоким разломам.

Породы *вулканогенной формации* представлены комплексом лав, трахитов, андезитов и туфов верхнемиоценового возраста, которые относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Мощность данного комплекса около 500 м. Он слагает Выгорлат-Гутинский хребет, который разделяет Закарпатскую впадину на Чопскую и Солотвинскую котловины.

Объемный вес туфов колеблется от 1,26 до 1,86 г/см^3; предел прочности от $67 \cdot 10^5$ до $76 \cdot 10^5$ н/м^2. Грунтовые воды зоны выветривания залегают на глубине от 0 до 40 м. В центральных частях водоразделов развиты трещинно-грунтовые воды, обладающие выщелачивающей агрессивностью.

Вулканические туфы разнообразны по составу обломочного материала. При выветривании они дают высокопластичную массу, число пластичности которой достигает 30—55.

Инженерно-геологические условия Закарпатской межгорной впадины определяются равнинным, низменным, слаборасчлененным рельефом, распространением мощных песчано-глинистых озерно-аллювиальных и молассовых отложений неоген-четвертичного возраста, широким развитием заболоченности территории (что вызывает необходимость устройства дренажных канав), возникновением оползней и селевых потоков.

Регион 58. Крымский мегантиклинорий. Это одно из складчатых поднятий Альпийской геосинклинальной области, юго-западная часть Керченского полуострова является его периклинальным окончанием. Регион включает Южнобережное и Качинское поднятия, Западно-Крымский и Восточно-Крымский синклинории с восточным погружением мегантиклинория.

В орографическом отношении он представляет собой Горный Крым, который протягивается полосой в 150 км при ширине до 50 км в виде трех параллельных горных гряд (Главная, Внутренняя и Внешняя), разделенных двумя продольными долинами.

В пределах региона выделяются две области: Крымское среднегорье и эрозионно-денудационные равнины Керченского полуострова.

Область Крымского среднегорья включает: южный склон, Главную гряду, северный склон Главной гряды и предгорья Крымских гор.

Южный склон занимает полосу шириной от 0 до 12 км, вытянутую вдоль Главной гряды. Верхняя ее часть обрывается высокими уступами, сложенными верхнеюрскими породами. От подножия обрыва склон понижается. Он сложен песчанико-сланцевыми отложениями триаса — юры. Южный склон расположен на границе структур, испытывающих новейшие тектонические движения противоположного знака (сводовое поднятие Главной гряды и опускания в области Черного моря), приведшие к формированию широкой (до 30 м) материковой отмели и сбросовым дислокациям в зоне континентального склона, что способствовало широкому развитию здесь эрозионных и гравитационных процессов и созданных ими эрозионных и гравитационных форм рельефа (обвально-осыпные, собственно оползневые и глыбовые массивы). Густота эрозионного расчленения на западе, где ширина берега не превы-

шает 2—4 км, равна 2,5—4,3 км/км². На востоке интенсивность эрозионного расчленения повышается и густота эрозионно-балочной сети составляет 4,5—5,5 км/км², оползневые процессы здесь развиты слабее.

Особенностями данной области являются: ступенчатость, террасированность склона, извилистость береговой линии, широкое развитие комплекса гравитационных процессов, а также абразия и эрозия. Подземные воды залегают на глубинах от 2 до 5—10 м, а в рыхлом покрове распространены локально и спорадически. Сила землетрясений оценивается в 7—8 баллов.

Главная гряда характеризуется эрозионно-денудационным рельефом. В центральной части ее располагается наиболее возвышенный участок (1000—1500 м), состоящий из столовых массивов — яйл. Восточная часть значительно снижена (600—800 м). Она сложена известняками, доломитами, мергелистыми глинами, песчаниками и конгломератами верхнеюрского и частично нижнемелового возраста. Горизонтальное расчленение в западной части ее составляет 2,8—3,7 км/км²; вертикальное — 600 м и более; углы наклона превышают 20°.

Широко развиты в области карстовые процессы. Подземные воды залегают на большой глубине, имеют трещинно-карстовый характер.

Северный склон Главной гряды ограничен с севера и северо-запада куэстовыми уступами Внутренней гряды. Склон понижается постепенно. Здесь развиты отложения таврической серии, верхней юры и нижнего мела. Рельеф тектонический и эрозионно-денудационный. Относительное превышение 300 м, абсолютные отметки поверхности 600—800 м. Вертикальное расчленение достигает 400 м, горизонтальное не менее 2,5 км/км², углы наклона 18°. Склоны покрыты элювиально-делювиальными отложениями, представленными суглинками с обломками дочетвертичных пород. Широко развиты эрозия и селевые потоки. Подземные воды развиты по долинам рек, залегают на глубинах до 2—3 м.

Предгорья Крымских гор характеризуются куэстовым рельефом. Четко выделяются Внутренняя и Внешняя гряды, сложенные породами верхнего мела, палеоцена и неогена. Абсолютные отметки их составляют 500—550 м. У подошвы куэстовых обрывов развиты мелкощебенчатые осыпи, чередующиеся с глыбовым отвалом. Пологие северные склоны внутренних гряд изрезаны сухими балками и оврагами, в устьях которых наблюдаются селевые конусы выноса суглинисто-щебенистого материала. Относительная приподнятость территории обусловила значительные уклоны местности на небольших расстояниях, что способствовало более интенсивному развитию здесь овражно-балочной сети. Вертикальное расчленение предгорий достигает 400 м, горизонтальное 2,5 км/км², а углы наклона 18—20°.

Область эрозионно-денудационной равнины Керченского полуострова имеет слабоволнистый рельеф. Она ограничена с севера и востока Парпачским гребнем. Равнину слагают олигоценовые и миоценовые глины и известняки, покрытые суглинистыми засоленными и эолово-делювиальными отложениями, мощностью 2—3 м. Поверхность незначительно расчленена неглубокими широкими балками и поражена просадочными блюдцами с пологими склонами. Вертикальное расчленение области составляет 100 м (редко 200 м), горизонтальное 1,5—2 км/км², а углы наклона до 10°. В береговой полосе развиты абразионные и оползневые процессы. Оползни возникают также при разработке месторождений железных руд открытым способом. Подземные воды приурочены к балкам и залегают на глубинах 3—8 м. В области имеются действующие грязевые вулканы.

Наиболее широко в регионе развиты дочетвертичные породы. Четвертичные отложения представлены следующими генетическими типами.

Делювиально-пролювиальные отложения, развитые в предгорной части региона, представлены комплексом плотных, тяжелых жирных глин с обломками дочетвертичных пород, мощностью в несколько десятков метров. Породы влажные, пористость высокая при плотном сложении и высокой дисперсности. Отложения обычно засолеиные, карбонатные. Значительной усадкой обладают легкие глины, для них характерно быстрое размокание и значительная сжимаемость Комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе глинистых пород с крупнообломочными.

Аллювиально-пролювиальные отложения представлены комплексом слабо окатанных валунов и обломков, реже галькой и песками с суглинистым заполнителем. С поверхности залегают суглинки с включениями обломков, мощность отложений возрастает с юга на север и с востока на запад по мере удаления от внешней Предгорной гряды. Подстилаются отложения известняками, имеют мощность 35—40 м. Они используются в качестве материала для возведения плотин и других сооружений. Предгорья и северный склон Главной гряды являются благоприятной территорией для строительства небольших водохранилищ. Аллювиально-пролювиальные галечниковые отложения с песчано-суглинистым заполнителем подстилаются здесь водоупорными отложениями триаса, юры, мела, палеогена и неогена, однако при осуществлении указанного строительства следует учитывать возможность нескольких паводков.

Аллювиальные отложения представлены комплексом галечников и песков, имеют мощность 10—15 м. Глинистые составляющие песчано-гравийных отложений характеризуются высоким числом пластичности (больше 10), преобладают тяжелые разности. Для галечников коэффициент фильтрации достигает 30—70 м/сут, у суглинков 0,04 м/сут. Отложения обводнены с глубины 2—3 м. Подземные воды неагрессивные.

Делювиальные отложения развиты преимущественно на Керченском полуострове, имеют мощность от 2,5 до 16 м, подстилаются майкопскими глинами и представлены комплексом глин и пылеватых тяжелых суглинков, нередко лёссовидных. Облёссованность характерна для верхней части (1—2 м). Делювиальные отложения характеризуются: широкими пределами значений удельного веса, которые находятся в зависимости от засоленности грунтов; высокими средними значениями пределов пластичности и естественной влажности. Размокают отложения медленно. Коэффициент фильтрации суглинков колеблется от 0,02 до 0,8 м/сут; скорость размокания от 5 до 120 мин; содержание водорастворимых солей от 0,2 до 4,4% по отношению к сухой породе; карбонатность от 4,8 до 19,6%, гипс от 0,20 до 2,75%. Отложения засоленные, карбонатность значительная и устойчивая. Углы внутреннего трения у них 13—16°, у легких и средних суглинков 19—25°. Коэффициент сжимаемости в интервале давлений 10^5—$3 \cdot 10^5$ н/м² изменяется от 0,006 до 0,032. Дополнительные деформации при замораживании тяжелых суглинков и глин под нагрузкой в $3 \cdot 10^5$ н/м² практически отсутствуют, средние суглинки дают дополнительную деформацию около 4,7%. Наибольшей деформацией обладают рыхлосложенные делювиальные суглинки. Для всей толщи характерна дополнительная деформация от увлажнения. Подземные воды носят спорадический характер, залегают на глубинах 3—5 м и обладают сульфатной агрессивностью.

Делювиально-пролювиально-гравитационные отложения развиты вдоль подножия гор. Максимальной мощности они достигают на южном склоне, где представлены комплексом глыб, осколков и щебня известняков, а также песчаников и сланцев с суглинистым заполнителем. У обрыва яйл наблюдается хаотическое нагромождение глыб, обломков и

щебня известняков. Вниз по склону обломки становятся более мелкими.

Оползневые накопления особенно широко развиты в прибрежной части южного склона до отметок 200—250 м. Бо́льшая часть этих отложений имеет обломочный состав. Сортировка материала отсутствует. Мощность оползневых накоплений достигает сотен метров. Коэффициент сжимаемости равен 0,054—0,059, что указывает на принадлежность их к сильно сжимаемым, а песчано-щебенистых (a=0,028—0,014) — к среднесжимаемым. В интервале нагрузок $2 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^5$ н/м^2 все литологические разности показывают среднюю сжимаемость. Модуль осадки превышает 100 мм/м и характерен для щебенисто-дресвяных грунтов и суглинков при нагрузке $3 \cdot 10^5$ н/м^2. Сопротивление песчанисто-щебенистых грунтов сдвигающим усилиям характеризуется коэффициентом сдвига при $3 \cdot 10^5$ н/м^2, равным 0,485, что свидетельствует о средней прочности. По данным полевых опытов, (для суглинков) коэффициент сдвига при нагрузке $2 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^5$ н/м^2 изменяется в пределах 0,263—0,350 и 0,246—0,283, что характеризует низкую прочность суглинков.

Оползневые накопления Керченского полуострова характеризуются следующими физико-механическими показателями: песок глинистый имеет плотность от 2,63 до 2,74 кг/м^3, весовую влажность от 23,5 до 83,3%, объемную массу скелета от 1,46 до 1,60 кг/м^3, коэффициент пористости от 0,702 до 0,892, степень влажности от 0,8 до 1,0%, показатель относительной уплотненности 0,12 до 0,76, показатель консистенции 0,15—0,85, число пластичности 8—15.

Суглинок тяжелый, пылеватый, песчанистый, плотность равна 2,78—2,74 кг/м^3, весовая влажность 27,6—37,1%, объемная масса скелета 1,34—1,60 т/м^3, коэффициент пористости 0,713—1,030, степень влажности 0,9—1,1%, показатель относительной уплотненности 0,32—1,42%, показатель консистенции 0,62+0,60, число пластичности 13—18. Глина пылеватая, легкая, тощая имеет плотность 2,71—2,75 кг/м^3, весовую влажность 26,2—40,6%, объемную массу скелета 1,33—1,50 кг/м^3, коэффициент пористости 0,815—1,045, степень влажности 0,9—1,1%, показатель консистенции —0,31—0,62, число пластичности 18—21. Глина пылеватая тяжелая, жирная, плотность ее равна 2,71—2,74 т/м^3, весовая влажность 24,9—57,7%, объемная масса скелета 1,06—1,47 кг/м^3, коэффициент пористости 0,836—1,566, степень влажности 0,74—1,09%, показатель относительной уплотненности 0,65—1,89, показатель консистенции —0,74+0,49, число пластичности 28—48.

Оползневые накопления, образовавшиеся при разрушении куяльницких глин, характеризуются коэффициентами сдвига 0,503; 0,329 и 0,362 при давлениях $2{,}4 \cdot 10^5$ и $6 \cdot 10^5$ н/м^2, углом внутреннего трения 7° 15′, сцеплением $0{,}8 \cdot 10^5$ н/м^2. Оползневые накопления, образовавшиеся при разрушении киммерийских глин, характеризуются коэффициентами сдвига 0,582—0,357 и 0,280, соответственно при нагрузках $2{,}4 \cdot 10^5$ и $6 \cdot 10^5$ н/м^2, углом внутреннего трения 7° 3′ и сцеплением $0{,}9 \cdot 10^5$ н/м^2. Оползневые накопления, образовавшиеся при разрушении понтийскнх глин, характеризуются коэффициентом сдвига 0,628; 0,408; 0,331 при нагрузках $2{,}4 \cdot 10^5$ и $6 \cdot 10^5$ н/м^2, углом внутреннего трения 10° 05′ и сцеплением $0{,}921 \cdot 10^5$ н/м^2.

Подземные воды оползневых накоплений носят спорадический характер. Отложения обводнены локально и залегают на различных глубинах. Как правило, подземные воды обладают сульфатной агрессивностью.

Породы *флишевой* (флишоидной) *формации* триаса, нижней и средней юры слагают северный и южный склоны Главной гряды Крымских гор. Мощность отложений оценивается сотнями и тысячами метров. Они представлены флишоидной толщей, состоящей из комплекса переслаи-

вающихся алевролитов, аргиллитов, кварцитовидных и туфогенных песчаников. Комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе полускальных, глинисто-обломочных сцементированных и уплотненных пород. Песчаники характеризуются удельным весом, равным 2,65 кг/м^3, объемной массой от 1,80 до 2,50 кг/м^3, средней пористостью, равной 16,99%, водопоглощением, равным 3,76%, временным сопротивлением сжатию в сухом состоянии от $236{,}2 \cdot 10^5$ до $519{,}7 \cdot 10^5$ н/м^2, средним коэффициентом размягчения 0,67, временным сопротивлением сжатию после 15-тикратного замораживания от $334{,}8 \cdot 10^5$ до $360{,}6 \cdot 10^5$ н/м^2, средним коэффициентом морозостойкости 60,82 и средней потерей веса после замораживания 0,38%. На породах данной формации образуются легко рассыпающиеся пачки сланцев и песчаников или супесчано-дресвяной делювий. Элювий характеризуется следующими значениями: весовой влажностью 8,0%, плотностью 2,70 кг/м^3, объемной массой скелета 1,95 кг/м^3, коэффициентом пористости 0,484, степенью влажности 0,5%, показателем консистенции 0,50, пределом текучести 21, пределом раскатывания 16, числом пластичности — 5. Мощность зоны выветривания может достигать 7—11 м и более.

При освоении территории, сложенной породами данной формации, необходимо учитывать, что на воздухе они легко выветриваются, поэтому необходимо быстрое возведение фундаментов вслед за вскрытием пород. В полосе развития отложений терригенной (флишоидной) формации широко распространены оползни, сели, эрозия, а в береговой полосе — абразия.

Породы *терригенно-карбонатной формации* нижнемелового — неогенового возраста выходят на поверхность в предгорной части и на Керченском полуострове. Мощность отложений от нескольких десятков до нескольких тысяч метров. Они представлены комплексом песков, алевролитов, глин, переслаивающихся с детритусовыми известняками. Глины (особенно меловые) легко на воздухе распадаются на отдельности Мэотические глины обычно жирные, высокопластичные. Пески мелкозернистые пылеватые. Отложения относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород с песчаными и глинистыми. Значительной дисперсностью обладают сарматские и мэотические глины. Они имеют наибольшие пределы пластичности. Сложение глин плотное, консистенция твердая и полутвердая. Сжимаемость их средняя, коэффициент сдвига в среднем 0,5 при нагрузке $3 \cdot 10^5$ н/м^2. Наибольшей сжимаемостью обладают пылеватые куяльницкие и мэотические глины. Отложения неравномерно обводнены. Подземные воды неагрессивные, приурочены к толще карбонатных и песчаных отложений, а также к мульдам восточной части Керченского полуострова, выполненным указанными породами.

Породы *карбонатной формации* палеогенового, верхнемелового и верхнеюрского возраста слагают все три гряды Крымских гор. Они представлены мощным комплексом известняков, доломитов, мергелей, реже мела, с конгломератами и песчаниками в основании. Отложения относятся к инженерно-геологической группе скальных пород, обладающих высокими прочностными свойствами. Верхнемеловые известняки характеризуются объемным весом, изменяющимся от 2,24 до 2,62 кг/м^3, водопоглощением 1,18—3,01%, временным сопротивлением сжатию в водонасыщенном состоянии $87—73 \cdot 10^5$ н/м^2 и временным сопротивлением сжатию после 15-тикратного замораживания $206—565 \cdot 10^5$ н/м^2. Коэффициент морозостойкости 0,75, потеря в весе после замораживания 3,95%. При разрушении мергелей образуются пылеватые глины, которые при увлажнении легко образуют кашеобразную массу с пористостью обычно более 50%. Глины при увлажнении легко переходят в пластич-

ное состояние. Легко растворимые соли содержатся в большом количестве. Суглинки с обломками пород при замачивании и давлении в $3 \cdot 10^5$ н/м^2 (Укргипроводхоз) характеризуются относительной просадочностью от 0,033 до 0,098, что, видимо, объясняется их рыхлым сложением и размягчаемостью в воде обломков мергелей, теряющих при этом прочность.

С карбонатными породами связано активное развитие карстовых процессов, особенно интенсивно проявляющихся в юго-западной части Главной гряды Крымских гор. Подземные воды залегают на больших глубинах, имеют трещинно-карстовый характер, агрессивностью не обладают.

Инженерно-геологические условия региона в целом определяются сложными рельефными условиями, активными новейшими движениями, значительной крутизной склонов, глубокой и густой их эрозионной расчлененностью, интенсивной подмываемостью склона морем, а также распространением пород терригенной (флишоидной) и карбонатной формации, что способствует активному проявлению комплекса современных геологических процессов — оползней, эрозии, селей, обвалов, осыпей и карста. Возможны землетрясения силой более 7 баллов. Освоение территории требует проведения комплекса сложных инженерных мероприятий.

Регион 59. Мегантиклинорий Большого Кавказа представляет складчато-глыбовое сооружение. Складчатость выражена интенсивным смятием пород, отчетливо проявляется глыбовое строение, выявляются системы глубинных разломов субширотного и северо-западного простирания. С юга данная структура ограничивается главным надвигом Большого Кавказа, по шву которого происходит общее движение кристаллического ядра в южном направлении. В регионе четко выделяются: горстантиклинорный хребет западной части, антиклинорный хребет восточной части и южный склон Большого Кавказа.

Рельеф региона определяют высокогорные скалистые складчатые горы, хребты и кряжи с нивально-ледниково-эрозионным, антропогеновым и горно-долинным рельефом. Склоны интенсивно расчленены ущельями, оврагами, рытвинами. Вершины и водораздельные гребни имеют высоту 3500—4000 м, возвышающуюся над ледниками и фирновыми покровами. Глубина эрозионных врезов достигает 1500 м.

В пределах региона выделяются две геоморфологические области: высокогорье и средне низкогорье Большого Кавказа.

Область высокогорной части Большого Кавказа с проявлением устойчивых новейших тектонических поднятий характеризуется скалистым, глубокорасчлененным рельефом с современным оледенением. Высокогорную область слагают гнейсы, кристаллические сланцы, гранитоиды архея, протерозоя и палеозоя. В результате интенсивного морозного выветривания на склонах и вершинах хребтов четко выражены остроконечные узкие гребни, цирки, «бараньи лбы», ледниковые карры, курчавые скалы. Развито интенсивное выветривание и эрозия, каменные потоки, осыпи, россыпи и снежные лавины. Территория области в основном недоступна и представляет высокогорную, холодную, неосвоенную часть Кавказа. Сейсмическая активность определяется в 7—8 баллов, а в верховьях р. Кодори достигает 9 баллов. Данная область является территорией зарождения обвалов, снежных лавин, крупных селевых потоков и оползней. Глубина залегания подземных вод здесь определяется мощностью зоны открытой трещиноватости и степенью дренированности. Подземные воды пресные и ультрапресные, обладающие, как правило, углекислой агрессивностью.

Область среднегорной и низкогорной частей Большого Кавказа включает северо-западный Кавказ, территорию Северо-Кавказской моноклинали, восточный — внутренний (горный) и внешний (предгорный) Дагестан, охватывает зону между геосинклиналью южного склона Большого Кавказа и Грузинской глыбой. Рельеф области сильно пересеченный, абсолютные отметки ее изменяются от 200 до 2000 м. Широко развиты флишевые, терригенные и карбонатные породы мезо-кайнозоя. Подземные воды залегают на глубинах более 10 м. Долины рек характеризуются крутым продольным профилем, а в местах пересечения ими карбонатных пород имеют каньонообразную форму. Они удобны для сооружения высотных плотин. Область перспективна в отношении гидротехнического строительства

Характеризуется развитием эрозионных, карстовых и селевых процессов, а в нижней части склонов — оползней. Сейсмическая активность определяется в 8 баллов.

В регионе отсутствуют условия для накопления мощных четвертичных отложений, вследствие развития активной денудации. Здесь в понижениях рельефа и по долинам рек залегает рыхлый четвертичный покров делювиального, делювиально-пролювиального, аллювиально-пролювиального и гляциального генезиса мощностью не более 0,5—3 м.

В пределах региона Большого Кавказа наиболее широко развиты дочетвертичные отложения. Из них преобладают породы метаморфической, терригенной, карбонатной, флишевой, терригенно-карбонатной и эффузивно-осадочной формаций.

Породы *флишевой формации* меловых, юрских и частично палеогеновых отложений представляют ритмичное чередование глинистых сланцев, песчаников, аргиллитов, известняков со сланцеватыми аргиллитоподобными глинами. Они интенсивно дислоцированы, развиты изоклинальные складки, секущиеся многочисленными разрывами. В нижней части преобладают глинисто-сланцевые породы, слабоводоносные, а в верхней известняково-мергелистые отложения, водообильные. В них развиты трещинно-карстовые неагрессивные подземные воды. Комплекс флишевых отложений относится к инженерно-геологической группе полускальных пород со скальными. Наиболее крепкими породами флиша являются известняки, которые содержат $CaCO_3$ от 78,8 до 85,2%, органических остатков 7—10% и кремнезема до 1%. В целом флиш имеет мелкую трещиноватость, нередко трещины заполнены кальцитом.

Породы мелового возраста флишевой формации характеризуются следующими показателями физико-механических свойств: мергель имеет объемную массу 2,2 кг/м^3, временное сопротивление сжатию $5 \cdot 10^7$ н/м^2, коэффициент упругого отпора $2 \cdot 10^9$ н/м^3, удельное водопоглощение 0,1—0,2 л/м; известняк конгломератовидный, обладает плотностью 2,6 кг/м^3, временным сопротивлением сжатию $5 \cdot 10^7$—$15 \cdot 10^7$ н/м^2, коэффициентом упругости $5 \cdot 10^9$—$6 \cdot 10^9$ н/м^3, удельным водопоглощением 0,5—0,6 л/м; глинистый сланец имеет объемный вес 2,2 кг/м^3, временное сопротивление сжатию $5 \cdot 10^7$ н/м^2, коэффициент упругого отпора $2 \cdot 10^9$ н/м^3, удельное водопоглощение 0,1—0,2 л/мин; у песчаника объемный вес равен 2,3 кг/м^3, коэффициент упругого отпора $2 \cdot 10^9$ н/м^3, удельное водопоглощение 0,1—0,2 л/мин.

Породы в невыветрелом состоянии обладают высокой прочностью, низкими фильтрационными свойствами и могут служить надежным основанием для любого вида сооружений. Высокая трещиноватость флиша и интенсивное его выветривание приводит к образованию зоны выветривания, которая достигает 15 и даже 30 м. С этой зоной связаны оползни и селевые потоки. В береговой полосе флиш залегает с уклоном на север и северо-восток, что способствует развитию оползней, которые

особенно активно проявляются на участках интенсивной морской абразии. Нередко с флишем связаны также и обвально-осыпные явления, например, в долинах рек Риони, Арагви, Алазани и др.

Породы *терригенной формации* нижней и средней юры представлены комплексом аспидных глинистых сланцев с редкими прослоями песчаников и известняков, который относится к инженерно-геологической группе полускальных пород со скальными. Отложения морские, мелководные, широко развиты на востоке Кавказа, южном склоне Главного хребта, в северной депрессии к юго-западу от рек Малый и Большой Зеленчук, Кубань, Лаба, Урупа и др., а также на юге — от Абхазии до Горной Кахетии. Мощность формации достигает 2000 м и более с падением слоев на север-северо-восток под углом 5—8°, а местами до 25°. Глинистые сланцы имеют объемную массу, равную 2,4—2,64 кг/м^3, а в зоне тектонического дробления — 2,5 кг/м^3, влажность 4—6%, пористость 6—18%, временное сопротивление сжатию по слоистости $6 \cdot 10^6$—$7 \cdot 10^6$ н/м^2 и перпендикулярно слоистости 10^7—$1{,}2 \cdot 10^7$ н/м^2. Образуемый на глинистых сланцах элювий представлен тяжелыми, сильно размокающими вязкими суглинками со щебнем, которые имеют мощность от 1 до 5 м, и смыты только на крутых склонах. Элювий глинистых сланцев имеет объемную массу, равную 2,05 кг/м^3, плотность 2,75 кг/м^3, пористость 36%, влажность 18%, коэффициент сдвига 0,40 при нагрузке в $5 \cdot 10^5$ н/м^2. Временное сопротивление сжатию составляет: у песчаников нижнего лейаса $65 \cdot 10^6$—$128 \cdot 10^6$ н/м^2, аркозовых песчаников 70×10^6—$13 \cdot 10^6$ н/м^2, у глинистых сланцев верхнего лейаса $5 \cdot 10^7$—$8 \cdot 10^7$ н/м^2.

На площадях развития пород данной формации во время ливней возникают сели. На склонах скалистого хребта и по долинам рек часто наблюдаются оползни по рекам (Кодори, Ингури, Риони), связанные с нижней частью толщи. Многочисленны также обвалы, вызванные выветриванием и землетрясениями. Наиболее крупные из них привели к образованию озер глубиной до 20 м. В восточной зоне развития сланцев в бассейнах рек Терек, Дуруджи и Челти интенсивно проявляются селевые потоки. Нижняя свита глинистых и аспидных сланцев с корой выветривания мощностью до 30 м является очагом, дающим начало развития селей. Глинистые сланцы практически безводны, песчаники водоносны по трещинам. Водоносность пород носит спорадический характер. Заключенные в них подземные воды обладают слабой карбонатной, но чаще сульфатной агрессивностью.

Породы *терригенно-карбонатной формации* мела, палеоцена, нижнего и среднего эоцена слагают хребты и массивы на слабо складчатых породах. Отложения представлены комплексом известняков, доломитов, доломитизированных известняков и песчаников, мощностью более 1000 м с подчиненными мергелями, глинами, аргиллитоподобными мергелистыми и пластичными глинами.

Глинистые сланцы мелового возраста имеют объемную массу, равную 2,7 кг/м^3, плотность 2,9 кг/м^3, временное сопротивление сжатию $1062 \cdot 10^5$ н/м^2; известняки мела имеют плотность 2,60 кг/м^3, объемную массу 2,0 кг/м^3, пористость 35%, водопоглощение 35% и временное сопротивление сжатию более $15 \cdot 10^7$ н/м^2.

Для пород данной формации характерны: высокая тектоническая трещиноватость, активное развитие карстовых процессов, отседание склонов, мощные оползни-обвалы и оползни-скольжения терригенных слоистых пород. Сейсмичность оценивается в 7—9 баллов.

В зоне активного водообмена породы содержат трещинно-карстовые воды. Глубина залегания их более 10 м, они неагрессивны и лишь на отдельных участках обладают общекислотной агрессивностью выщелачивания.

Породы *карбонатной формации* верхней юры и мела слагают интенсивно складчатые хребты антиклинория южного, северного и западного склонов Большого Кавказа. Они представлены комплексом известняков и доломитов с редкими прослоями известковистых песчаников и мергелистых глин, которые относятся к инженерно-геологической группе скальных и полускальных пород. В известняках содержится от 84 до 100% $CaCO_3$, их естественная влажность составляет 0,2—1,2%, водопоглощение 1,7—14%, объемная масса равна 2,75 кг/м^3, плотность 2,50—2,74 кг/м^3, пористость 2—8%, коэффициент сдвига при давлении $5 \cdot 10^5$ н/м^2 составляет 0,5—0,62. Временное сопротивление сжатию равно $16 \cdot 10^6$—$50 \cdot 10^6$ н/м^2. Известняки мелового возраста характеризуются объемной массой от 2,64 (мергелистые, тонкослоистые разности) до 2,70 кг/м^3 (доломитизированные, битуминозные).

Породы *карбонатной формации* подвергаются интенсивному физико-химическому выветриванию, в результате которого образуется суглинисто-щебенистый элювий, а в нижних частях склонов суглинки со щебнем и глыбами. В зоне активного водообмена карбонатных пород содержатся карстово-трещинные подземные воды, обладающие общекислотной агрессивностью. Уровень подземных вод находится на глубинах более 10 м. Интенсивно развиваются карстовые процессы в известняках и доломитах. Оползни приурочены преимущественно к мергелистым глинам и мергелям. Ряд оползней связан с разрывными нарушениями, а также с сейсмичностью. Нередко наблюдаются обвалы, преимущественно известняков и доломитов.

Породы *метаморфической формации* включают отложения архея, протерозоя и палеозоя. Комплексы пород морского генезиса регионально метаморфизованы и имеют преимущественно терригенный состав. Они интенсивно складчаты, рассланцованы и интрудированы габбро-перидотитами, а также гранодиоритами. Перечисленный комплекс пород имеет разрывные нарушения, развитую мелкую складчатость и плойчатость, а в контактовых зонах ороговикован, окварцован и скарнирован. Он относится к инженерно-геологической группе скальных пород, которые, хотя и обладают невысокой трещиноватостью (удельное поглощение равно 0,012—0,022 л/мин.), но интенсивно подвержены выветриванию с образованием щебенистой зоны мощностью до 8—15 м Развиты также обвально-осыпные процессы и снежные лавины.

Породы *вулканогенно-осадочной формации* юры слагают хребты южного склона Большого Кавказа. Это морские породы мощностью до 2500 м, представленные комплексом порфиритов, песчаников, туфов, туфопесчаников и глинистых сланцев. Они обладают прочностью при сжатии более 10^8 н/м^2 и низкими величинами удельного поглощения. На вулканогенно-осадочных породах, содержащих глинистый цемент, образуется кора выветривания мощностью до 7—10 м, представленная щебнем, глыбами и глиной. Нередки оползни, приуроченные к небольшим синклинальным складкам при пересечении их осей эрозионными и искусственными врезами Водоносность отложений слабая. Подземные воды обычно приурочены к зоне активного водообмена. Они обладают агрессивностью выщелачивания, а местами общекислотной агрессивностью, но на большей части территории воды неагрессивны.

Инженерно-геологические условия мегантиклинория Большого Кавказа определяются: проявлением новейших тектонических движений; высокогорным, труднодоступным, глубокорасчлененным рельефом; преимущественным распространением скальных и полускальных пород, подверженных интенсивной денудации; широким развитием обвально-осыпных процессов; отседанием склонов; наличием снежных лавин, осложняющих эксплуатацию перевальных автомобильных дорог. В южной

полосе развития сланцевых и флишевых пород развиты обвально-осыпные и оползневые явления, а в восточной части — выветривание, обусловившее аккумуляцию продуктов разрушения в верховьях рек, служащих обычно очагами зарождения мощных селевых потоков. Для полосы развития карбонатных и карбонатно-терригенных пород характерны высокая тектоническая трещиноватость, активное развитие карстовых процессов, отседание склонов, мощные оползни-обвалы и оползни скольжения. Сейсмичность оценивается в 7—9 баллов. Освоение территории требует сложной инженерной подготовки.

Регион 60. Закавказский межгорный прогиб. В пределах региона выделяются следующие тектонические зоны и подзоны: Колхидский межгорный прогиб (Рионская впадина); Гудаутский предгорный прогиб; Мингрельско-Абхазский, Куринский и Карталинский прогибы; Алазани-Агричайская синклинальная впадина, а также Окрибско-Сачхерская и Кутаисско-Ахская складчатые зоны; Рача-Легхумский грабен-синклинорий; Джирульское поднятие Живальско-Цивгомборское сводовое поднятие; Южно-Кахетинское складчатое плоскогорье.

Закавказский межгорный прогиб расположен между складчатыми системами южного склона Большого Кавказа на севере и Аджаро-Имеретинского и Триалетского хребтов на юге. Регион с верхнего палеозоя до альпийского цикла погружения характеризовался чередованием умеренных, разнозначных вертикальных движений. Это обусловило накопление осадочных толщ сравнительно небольшой мощности с отсутствием типично геосинклинальных формаций.

В пределах региона выделяются три геоморфологические области: Колхидская и Куринская низменности; эрозионно-тектонические горы, среднегорье и низкогорье Закавказского межгорного прогиба. Последние включают Гудаутское и Мингрельско-Абхазское низкое холмистое предгорье, холмистую Мингрелию, Кутаисско-Асхское низкое нагорье, Рача-Лечхумское холмистое предгорье, Окрибско-Сачхерское поднятие, Дзирульское среднегорье, Карталинскую равнину, Живальско-Цивгомборское поднятие, Южно-Кахетинское (Восточно-Грузинское) плоскогорье и Алазани-Агричайскую равнину.

Область Колхидской низменности является приморской аллювиально-аккумулятивной равниной. Ее поверхность изрезана широкими поймами рек. Особенности геологического строения, влажный субтропический климат, многообразие современных геологических процессов (абразия, заболоченность, оползни) обусловили сложность инженерно-геологических условий области. Все это ограничивает ее строительное и сельскохозяйственное освоение и требует проведения сложного комплекса мелиоративных мероприятий. Сейсмичность в области оценивается до 7 баллов.

Область эрозионно-тектонических гор Закавказского межгорного прогиба (среднегорье и низкогорье) включает территории, характеризующиеся следующими геоморфологическими особенностями. *Гудаутский предгорный прогиб* имеет ширину 10—12 км, обладает холмистым, ледниково-денудационно-эрозионным рельефом. Водоразделы здесь вытянуты в субмеридиональном направлении. В нижнем течении рек широко развиты оползни вследствие подмыва берегов, сложенных глинистыми отложениями, на западе — селевые процессы. Землетрясения оцениваются в 7 баллов.

Мингрельско-Абхазское низкое предгорье имеет ледниково-эрозионно-денудационный рельеф. Широко развиты оползни и землетрясения силой в 7 баллов. *Холмистая Мингрелия* является широким предгорьем (до 40 км), разделенным широкими долинами рек. Часты оползни, сейсмичность оценивается в 7 баллов. *Кутаисско-Асхское* низкое *нагорье*

обладает ледниково-эрозионно-карстовым древним рельефом. Развиты оползни, карстовые формы рельефа и землетрясения силой в 7 баллов. *Рача-Лечхумский* прогиб обладает ледниково-эрозионно-денудационным древним, всхолмленным рельефом, пониженная часть окаймлена высокими скалистыми хребтами и их отрогами с сильно расчлененными склонами. Оползни редки, в восточной ее части развиты сели, сейсмичность не превышает 7 баллов. *Окрибско-Сачхерское* поднятие имеет на севере ледниково-эрозионно-карстовый рельеф с преобладанием глубоких поперечных долин. На юге — ледниково-эрозионно-денудационный, холмистый, сильно расчлененный эрозией, но мягкий, сглаженный. Развиты в области единичные оползни и обвалы, а на северо-западе сели. Происходят землетрясения до 8 баллов. *Дзирульское среднегорное поднятие* — плато, наклоненное к западу, имеет мягкий, сглаженный ледниково-денудационно-эрозионный рельеф, слабо расчлененный, постепенно переходит в Колхидскую низменность. Часты оползни и землетрясения до 7 баллов. *Карталинская равнина* имеет аккумулятивный флювиогляциальный, пологоволнистый рельеф, наклоненный к югу, слабо расчлененный реками. Равнина окаймляется горными хребтами с ледниково-эрозионно-денудационным рельефом. *Жинвальско-Цивгомборское сводовое поднятие* имеет сглаженный ледниково-эрозионно-денудационный рельеф. Северо-восточный склон изрезан многочисленными ущельями правых притоков р. Алазани. По бортам ущелий развиты оползни и обвалы. В западной и восточной частях области широко развиты селевые процессы. Землетрясения оцениваются в 7 баллов. *Южно-Кахетинское* (Восточно-Грузинское) *плоскогорье* обладает аридно-денудационным, древним сглаженным рельефом с характерным чередованием невысоких холмистых узких хребтов с плоскогорьями выравнивания и широкими неглубокими котловинами с пологими слабо расчлененными бортами и делювиальными аккумулятивными днищами. В долинах главных рек хорошо выражены широкие надпойменные террасы в южной части плоскогорья, имеются бедленды с густым овражным расчленением и резко пересеченным рельефом. На склонах развиты оползни, землетрясения до 7 баллов. *Алазани-Агричайская равнина* расположена между северо-восточным склоном Цив-Гомборского хребта и южными отрогами Кавказского хребта. Долина имеет протяженность в 160 км.

Река Алазани делит равнину на аллювиальную левобережную и флювиогляциальную правобережную части, густо расчлененные поймами рек, дренирующих южный склон Большого Кавказа. Здесь широко развиты селевые процессы. В долину выносится большое количество грязекаменного материала. На южном борту наблюдаются крупные оползни. Сила землетрясения оценивается в 7 баллов.

Область Куринской низменности в целом характеризуется равнинным рельефом, за исключением низкогорий Аджинаура и Джейранчеля. Абсолютные отметки поверхности наклонных равнин постепенно понижаются с юго-востока в сторону Каспийского моря от 900 до 28 м. Глубина эрозионного вреза составляет несколько метров, увеличиваясь у юго-западного борта низменности до 100 м и более. Хребты Аджинаур и Джейранчель густо изрезаны оврагами и долинами. Они и сложены породами молассовой формации. Бо́льшая часть низменности слагается аллювиальными и аллювиально-пролювиальными отложениями большой мощности.

Широко развиты процессы засоления, дурные земли (бедленд), а в восточной части области — сели, просадочность, сорообразование.

Склоны долин, понижения рельефа склонов и впадины выполнены четвертичными отложениями, площадь развития которых в регионе значительно меньше, чем дочетвертичных пород.

Наибольшая мощность четвертичных отложений характерна для Колхидской низменности. Здесь развиты *аллювиальнб-морские отложения.* Они слагают приподнятую восточную часть низменности (от устья р. Келасури). Мощность отложений составляет 25—30 м. Коэффициент фильтрации галечников равен 0,3—6,1 м/сут, а давление $6 \cdot 10^5$ н/м^2. Склоны речных долин, сложенные этими отложениями, при паводках легко размываются. Подземные воды залегают близко от поверхности, часто имеют характер верховодки.

Низкая болотистая часть Колхидской низменности, покрытая камышом и осокой, трудно проходима (от г. Поти до нижнего течения р Техури), она примыкает к морю и сложена *озерно-болотными отложениями.* Это комплекс слабо глеевых пород, чередующихся с торфами, которые относятся к инженерно-геологической группе органо-минеральных пород. В глеевых породах преобладают пылеватые и глинистые фракции (до 40—80%). Объемная масса их равна 1,6—1,65 кг/м^3; коэффициент сжимаемости 0,1—0,3, а для пород с нарушенной структурой — 0,25—0,40; сила сцепления, при интервале нагрузки в 0,25. 10^5—$2 \cdot 10^5$ н/м^2 изменяется в пределах $0{,}4 \cdot 10^5$—$0{,}1 \cdot 10^5$ н/м^2, а естественное сцепление равно $2 \cdot 10^3$—$5 \cdot 10^5$ н/м^2. Допускаемая нагрузка равна $0{,}4 \times \times 10^5$—$0{,}6 \cdot 10^5$ н/м^2. При вскрытии котлованов глеевые глины текут и деформируются.

На площадях развития озерно-болотных отложений возникает заболачивание вследствие низкого равнинного рельефа, большого количества выпадающих атмосферных осадков, разлива рек, наличия напорных вод, поддерживающих высокий уровень грунтовых вод низменности. Кроме того, наблюдается общее погружение низменности со скоростью 6 мм/год. Глеевые породы и торфяники легко сжимаемы, высокопластичны и трудно осушаемы.

Аллювиальные отложения, имея мощность от 2 до 10 м, выполняют долины рек Они представлены комплексом супесей с включением валунно-галечного материала. Отложения относятся к инженерно-геологической группе песчаных пород с крупнообломочными. Супеси аллювиальных отложений в Алазани-Агричайской впадине характеризуются гигроскопической влажностью 1—2%, объемной массой 1,52—2,01 кг/м^3, плотностью 2,58—2,65 кг/м^3, влажностью 2—16%, пористостью 30—48%, числом пластичности 4,4—8,5 и коэффициентом фильтрации 0,023—0,3 м/сут. Аллювиальные галечники имеют коэффициент фильтрации больше 0,1—1,47 м/сут. Отложения, как правило, обводнены. Подземные воды, заключенные в них, пресные, неагрессивные, залегают на глубинах от 0,5 до 5 м, лишь на отдельных участках обладают общекислотной агрессией.

Флювиогляциальные отложения залегают в регионе в виде отдельных пятен. Их мощность достигает несколько метров. Они представлены комплексом суглинков с прослоями и линзами супесей, песков и галечников, относящихся к инженерно-геологической группе глинистых с крупнообломочными пород. Глины пылеватые. Флювиогляциальные отложения региона характеризуются гигроскопической влажностью 4,4—5,8%, объемной массой 1,6—1,9 кг/м^3, плотностью 2,6—2,8 кг/м^3, влажностью 20—30%, пористостью 45—50%, числом пластичности 25 и коэффициентом фильтрации 0,01—0,03 м/сут. Флювиогляциальные тяжелые суглинки имеют гигроскопическую влажность 2,2—4,4%, объемную массу 1,5—1,83 кг/м^3, плотность 2,44—2,77 кг/м^3, влажность 4—23%, пористость 33—51%, число пластичности 14—33 и коэффициент фильтрации 0,83—0,3 м/сут. Средние и легкие флювиогляциальные суглинки характеризуются гигроскопической влажностью от 0,56 до 3,5%, объемной массой от 1,53 до 1,70 кг/м^3, плотностью от 2,52 до 2,77 кг/м^3, влаж-

ностью от 2 до 26%, пористостью от 42,2 до 50,8%, числом пластичности от 6,5 до 13,5 и коэффициентом фильтрации от $8—10^{-5}$ до $1,6—10^{-4}$ см/с. Отложения слабо обводнены.

Делювиальные отложения склонов представлены комплексом глин и суглинков, а *делювиально-пролювиальные* — глинами, суглинками с линзами и прослойками галечников. Отложения относятся к инженерно-геологической группе глинистых пород с крупнообломочными. Глина имеет объемную массу от 1,7 до 2,0 кг/м^3, гигроскопическую влажность 3—5%, плотность 2,8—2,85 кг/м^3, естественную влажность 20—22%, пористость 35—40%, число пластичности 20—25. Суглинки характеризуются объемной массой от 1,5 до 1,9 кг/м^3, гигроскопической влажностью от 2 до 4%, плотностью от 2,7 до 2,75 кг/м^3, естественной влажностью от 15 до 25%, пористостью от 40 до 45%, числом пластичности от 10 до 20, коэффициентом фильтрации $6,1 \cdot 10^{-5}$ см/с и давлением от $2 \cdot 10^5$ до $2,5 \cdot 10^5$ н/м^2. Галечник, заполненный гравием, имеет объемную массу 1,95 кг/м^3, коэффициент фильтрации 0,11 см/с и давление от $4,5 \cdot 10^5$ до $50 \cdot 10^5$ н/м^2. Делювиальные и делювиально-пролювиальные отложения водоносны локально, водообильность их слабая, подземные воды в них обладают сульфатной агрессивностью. Охарактеризованные отложения при увеличении влажности способны к оползанию, а также являются одним из источников твердой составляющей селевых потоков.

Породы *молассовой формации* неогенового возраста представлены комплексом пластичных морских глин, плотных песчаников, относящихся к инженерно-геологической группе глинистых и обломочных пород, а также комплексом конгломератов, песчаников, пластичных глин и суглинков континентального и лагунного генезиса. Конгломераты грубослоистые с маломощными линзами песчаников имеют песчано-глинистый и песчано-карбонатный цемент. При первом типе цемента конгломераты имеют временное сопротивление сжатию в сухом состоянии $2 \cdot 10^7—4 \cdot 10^7$ н/м^2, а во влажном $2 \cdot 10^6—5 \cdot 10^6$ н/м^2. При втором типе цемента временное сопротивление сжатию равно $8 \cdot 10^7—10^8$ н/м^2. При песчано-глинистом цементе порода быстро размокает и рассыпается. Скорость выветривания конгломератов небольшая. Песчаники имеют глинистый и глинисто-известковый цемент. По составу они аркозовые, граувакково-аркозовые. Состав и характер цемента определяют прочность песчаников. Глинистые прослои имеют мощность от 0,10 до 2—3 м. Породы легко выветриваются, способны к набуханию. Повсеместно развита кора выветривания мощностью до 5—10 м. Угол внутреннего трения невыветрелых глинистых пород составляет 13—19°, сцепление $0,2 \times \times 10^5—0,4 \cdot 10^5$ н/м^2, при нарушении структуры угол внутреннего трения снижается до 6—7°, сцепление уменьшается до $0,5 \cdot 10^4—10^4$ н/м^2. Субаргиллиты при постоянной влажности являются надежным основанием. Однако изменение режима влажности приводит к разуплотнению их, что способствует развитию оползневых процессов. В зоне активного водообмена водоносность пород молассовой формации локальная, водообильность слабая. Подземные воды неагрессивные, лишь местами они обладают общекислотной и сульфатной агрессивностью. За счет выветривания и размыва отложений молассовой формации может формироваться твердая часть селевых потоков.

Породы *терригенной формации* верхнего эоцена, олигоцена и нижнего миоцена распространены в Колхидской низменности, Гудаутском предгорном прогибе, Мингрельско-Абхазском низком предгорье, холмистой Мингрелии, Рача-Лечхумском грабене, на склонах Дзирульского массива, в Карталинской равнине, на Южно-Кахетинском плоскогорье и в Алазани-Агричайской впадине Они представлены комплексом аргиллитоподобных и сланцеватых глин, мергелей, туфобрекчий, общей мощ-

ностью от 300 до 4800 м и относятся к инженерно-геологической группе полускальных глинисто-обломочных пород. Аргиллитоподобные глины в нижней части некарбонатные, в верхней — слабокарбонатные, тонко- и микрослоистые. В глине имеются легкорастворимые сульфатные соли. При выветривании глины обогащаются гидроокислами железа, гипсом и ярозитом. Угол внутреннего трения вдоль слоистости равен 15°, сцепление $0{,}2 \cdot 10^5$ н/м^2, вкрест слоистости — 22° и $0{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2 при влажности, равной 30%. Глины легко размокают и интенсивно набухают, число пластичности их равно 20—25, плотность 2,60—2,70 кг/м^3, объемная масса — 2,1—2,4 кг/м^3, пористость 12—17%. Песчаники и алевролиты полимиктового состава — аркозово-грауваккового типа с глинисто-хлоритовым, реже кальцитовым цементом. Временное сопротивление сжатию равно $5 \cdot 10^7$—$8 \cdot 10^7$ н/м^2. В свежем виде породы устойчивы при высоте склона 15—20 м и крутизне 45—50° (Арешидзе, Гвелесиани). Устойчивы они также и в водных бассейнах ниже меженного уровня, и в обнажениях при постоянном режиме влажности в тех случаях, когда они защищены от воздействия процессов выветривания. При наличии указанных условий породы являются надежным основанием сооружений и имеют допустимое давление $5 \cdot 10^5$—$6 \cdot 10^5$ н/м^2 Однако в зоне выветривания или при вскрытии в котлованах породы майкопской свиты покрываются густой сетью трещин, отслаиваются и скручиваются тонкими листочками, которые образуют осыпи, а при увлажнении превращаются в подвижную массу — селевой поток. Физико-механические показатели выветрелых пород резко снижаются так же, как и устойчивость их на склонах высотой более 6 м и крутизной более 30°. Грунтовые воды заключены в выветрелой зоне и обладают сульфатной агрессивностью Майкопские отложения и перекрывающий их покров характеризуются коэффициентом оползневой пораженности — 0,5—0,8. Особенно активны оползни на участках развития майкопских глин на побережье Абхазии, где они приносят значительный ущерб сооружениям, курортным постройкам и осложняют освоение территории Оползни связаны с абразией, их мощность достигает 20 м. Существенную роль в их образовании играют новейшие тектонические движения Они развиваются как в надводной, так и в подводных частях побережья

Породы *терригенно-карбонатной* формации мела, палеоцена, а также нижнего и среднего эоцена слагают Кутаисско-Асхское низкое складчатое предгорье и окаймляют с юга, востока и северо-запада Дзирульский массив. Они отложились в геосинклинальных условиях, принадлежат альпийскому структурному этажу и представлены комплексом известняков, брекчированных известняков, доломитов, доломитизированных известняков и песчаников мощностью от 65 до 470 м, а также мергелями, аргиллито-подобными глинами, гипсоносными глинами, мергелистыми глинами и конгломератами мощностью от 30 до 410 м. Перечисленный комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе скальных и полускальных пород с глинистыми

Временное сопротивление сжатию известняков равно $8 \cdot 10^7$—$12 \times \times 10^7$ н/м^2 Породы устойчивы на склонах, однако в них развивается карст, а на крутых склонах — обвалы, отседание и оползни-обвалы Выветривание происходит на глубину до 10 м. Мергели и мергелистые известняки чередуются в виде тонких слоев. В невыветрелом состоянии их сопротивление сжатию равно $1{,}5 \cdot 10^7$—$2 \cdot 10^7$ н/м^2, в выветрелом оно становится в несколько раз меньше. Подземные воды способствуют развитию оползней выветрелых мергелисто-глинистых пород. Водоносность пород данной формации выше местного базиса эрозии — локальная. Подземные воды трещинно-карстового типа. На участках развития

карбонатных пород они характеризуются агрессивностью выщелачивания, однако на большей части площади неагрессивны

Породы *метаморфической формации* представлены комплексом кристаллических докембрийских филлитов, мраморов, кристаллических сланцев и гнейсов, прорванных гранитами палеозоя В районе Дзирульского кристаллического массива это — серпентиниты, туфобрекчии, туфы, кварцевые порфиры и диориты Отложения образовались в геосинклинальных условиях, принадлежат к каледонскому и герцинскому структурным этажам и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород Они сланцеваны и трещиноваты в южной части Дзирульского массива

Сланцы и гнейсы обладают высокой прочностью при сжатии до 10^8 н/м^2 вкрест сланцеватости К элювиальной зоне сланцев приурочены оползни и сели Мраморы имеют временное сопротивление сжатию 15×10^7—$20\cdot10^7$ н/м^2, а хлоритовые и серицитовые сланцы $0{,}5\cdot10^8$—10^8 н/м^2 Наиболее прочны серпентинизированные и отальк ованные породы, с которыми связаны осыпи В зоне активного водообмена перечисленные выше породы локально обводнены Приуроченные к ней подземные воды, как правило, слабоминерализованные (до 0,3 г/л), а водообильность их очень слабая Агрессивность подземных вод в восточной части Дзирульского массива не изучена, а в западной преимущественно неагрессивные На породах метаморфической формации развита суглинистая кора выветривания с щебнем и глыбами мощностью до 20—30 м Особенно подвержены выветриванию слюдистые сланцы, которые, превращаясь в глины, оползают, развиты сели

Породы *вулканогенно-осадочной* формации отложений палеозоя, средней юры и мела мощностью от 200 до 500 м слагают складчатую часть Окрибско-Сачхерского поднятия и примыкающие участки на южном и северо-западном склонах Дзирульского кристаллического массива Образовались они в геосинклинальных условиях морского генезиса и принадлежат к альпийскому структурному этажу Отложения представлены комплексом порфиритов, туфов, туфопесчаников, глинистых сланцев и относятся к инженерно геологической группе скальных и полускальных пород Объемная масса порфиритовых туфобрекчии равна 2,72 кг/м^3, плотность 2,90 кг/м^3, временное сопротивление сжатию $118\cdot10^6$ н/м^2

Те же породы, но сильно выветрелые, имеют объемную массу 2,3 кг/м^3, плотность 2,83 кг/м^3 и временное сопротивление сжатию $25\cdot10^6$ н/м^2. Развитый на породах вулканогенно осадочной формации чехол элювиально-делювиальных отложений подвергается оползневым смещениям Здесь формируется твердая составляющая селевых потоков Породы в невыветрелом состоянии устойчивы на склоне, в нижней части порфиритовой свиты покров слабо поддается выветриванию и устойчив при крутизне склона до 80°, верхняя часть слагается элювием мощностью до 20 м Склон здесь неустойчив при крутизне 30—40° В зоне активного водообмена породы эффузивно-осадочной формации водоносны локально, они содержат трещинные, пресные, неагрессивные подземные воды

Породы *интрузивной формации* представлены комплексом гранитоидов, кварцевых диоритов палеозоя на значительной части Дзирульского массива и гранитами юры Хевской интрузии. Кварцевые диориты являются массивными и гнейсовидными Отложения относятся к инженерно-геологической группе скальных пород В свежем виде они обладают высокими прочностными свойствами и устойчивы на склонах, но вследствие тектонической нарушенности, интенсивного выветривания и большого количества слюдистых минералов происходит образование

коры выветривания, физико-механические свойства которой резко снижаются по сравнению с породами, не подвергшимися выветриванию. Объемная масса пород коры выветривания снижается до 2,57—2,33 кг/м^3, сопротивление сжатию в сухом состоянии изменяется от $326{,}2 \cdot 10^5$ до $6{,}1 \cdot 10^5$ н/м^2, а во влажном от $318{,}4 \cdot 10^5$ до 10^5 н/м^2. В коре выветривания, мощность которой достигает 20—25 м, происходят оползневые подвижки при крутизне склона 30—50°. Этому способствуют интенсивные атмосферные осадки, подземные воды, подсечка склона, например на Рикотском перевале, а также вырубка леса. Оползни-обвалы, как правило, приурочены к щебенистой зоне выветривания. Граниты Хевской неоинтрузии подвержены физическому выветриванию.

Подземные воды заключены в породах интрузивной формации в верхней трещиноватой зоне. Как правило, они слабо минерализованные и на отдельных участках обладают общекислотной агрессивностью. Водообильность пород слабая.

Инженерно-геологические условия Закавказского межгорного прогиба определяются расчлененным и крутым рельефом, распространением в горной части полускальных и скальных терригенных, карбонатных и флишевых пород с невыдержанным маломощным четвертичным покровом, мощными рыхлыми аллювиальными, пролювиальными, озерно-аллювиальными и делювиальными отложениями в пределах низменных площадей. Широко развиты осыпи, сели, обвалы, абразия в береговой части и оползни, а в пределах низменных равнин — заболачивание на западе региона и засоление на востоке. Сейсмичность оценивается в 7—8 баллов.

При освоении территории необходима ее инженерная подготовка.

Регион 61. Аджаро-Триалетская складчатая система представляет собой синклинорий, для которого характерны крутые, сильно сжатые изоклинальные или сундучные линейные складки, хорошо прослеживаемые в его пределах. По северной границе протягивается система крупных сбросов и надвигов, по которым в целом надвинута Аджаро-Триалетская складчатая система на Грузинскую глыбу. Регион включает следующие тектонические структуры: Гурийскую переходную зону, Чаквскую зону со сжатыми складками, Центральную интенсивно складчатую зону, Южную зону со слабым опрокидыванием складок на юг, Ахалцихский синклинальный прогиб, Гурийский пологий синклинальный прогиб.

Рельеф региона делится долиной Куры на две части: западную — Аджаро-Имеретинские хребты и восточную Триалетские хребты.

В пределах региона выделяются четыре геоморфологические области. Гурийское низкогорье, Аджаро-Имеретинское средне- и высокогорье, Триалетское среднегорье и высокогорье, Ахалцихская и Гурийская межгорные депрессии.

Область Гурийского холмистого низкогорья, рельеф которого является переходным между Аджаро-Имеретинскими хребтами и Колхидской низменностью, служит водоразделом между реками Пигора, Рионн и Супса. Поверхность его сглажена, водоразделы закруглены. Абсолютные отметки колеблются от 100 м на западе до 1000 м на востоке. Широким развитием в области пользуются породы терригенной и молассовой формации, на площадях развития которых происходит интенсивный смыв и оползни делювия по дочетвертичным породам, с захватом элювия коренных пород; реже встречаются оползни на площадях развития пород вулканогенно-осадочной формации. В восточной части области образуются сели, в западной они редки. Землетрясения не превышают 7 баллов.

Аджаро-Имеретинское средне- и высокогорье представляют собой складчатые хребты, которые имеют горно-долинный

тектоно-денудационный рельеф с ярусно расположенными поверхностями выравнивания. Рельеф хребтов сглажен, хребты расчленены неглубокими плоскодонными и широкими оврагами и долинами мелких речек, нередки западины, в которых происходит заболачивание. Выше поверхностей выравнивания область сильно расчленена многочисленными глубоко врезанными ущельями и долинами рек. Отметки гребней 2400—2600 м к юго-западу понижаются до 1600 м. Северный склон пологий, южный — крутой. Область отделяется от Триалетских хребтов долиной р. Куры. Склоны ущелья р. Куры и ее притоков крутые, обрывистые, рельеф эрозионно-денудационный, в долинах рек развиты узкие аккумулятивные террасы, возвышающиеся на 4—10 м над поймой. Область сложена преимущественно вулканогенно-осадочными породами. Интенсивно развито выветривание с образованием суглинисто-щебенистого покрова, который смывается и накапливается у подножия склонов. В долинах рек происходит донная и боковая эрозия, а на склонах — оползневые смещения делювия. Оползни приурочены к мергелям и аргиллитам, а оползни-обвалы к скальным туфогенным породам. В северо-западной части области сели отсутствуют, а восточная — селеопасна Сила землетрясенй не превышает 7 баллов.

Триалетское среднегорье и высокогорье также являются складчатыми хребтами, имеющими горно-долинный рельеф с высоко расположенными денудационно-тектоническими пенепленизированными поверхностями Абсолютные отметки хребтов 2400—2800 м. Северный склон расчленен ущельями северо-восточного направления, а южный— субмеридиональными В районе Боржоми и Бакуриани (западный конец Триалетских гор) рельеф горно-долинный с наложенными лавовыми покровами и абсолютными отметками 1100—1700 м. Область сложена в основном вулканогенно-осадочными отложениями, которые интенсивно выветриваются. Наблюдаются оползни у Боржоми, у ж.-д. станции Хашури и в г. Тбилиси. Южный склон Триалетских хребтов селеопасен. Сила землетрясения на западе области составляет 8 баллов, на востоке 7 баллов.

Область Ахалцихской и Гурийской межгорных депрессий. Ахалцихская депрессия вытянута в широтном направлении, ее рельеф холмистый, со слабым расчленением. Абсолютные отметки днища котловины 833—1153 м, а окаймляющих хребтов 2500—2600 м. Южные склоны имеют эрозионно-денудационный рельеф, густо расчленены ущельями мелких речек и оврагов, а северные расчленены слабее. Депрессия выполнена угленосно-терригенными отложениями. В области интенсивно проявляется выветривание, на склонах происходят оползни, сели не обнаружены, сила землетрясения равна 7 баллам, а в восточной части достигает 8 баллов.

Гурийская депрессия приурочена к бассейну р. Натанеби. Рельеф западной ее части низменно-холмистый, сглаженный. Борта густо расчленены мелкими ущельями и оврагами. Превышение бортов над ущельем депрессии составляет 800—1000 м. Вершины закруглены, склоны пологие, абсолютные отметки ее измеряются от 150 м в приморской части до 200 м на востоке. Депрессия сложена эффузивно-осадочными породами и молассами. В области происходит выветривание, образование обломочных шлейфов и редкие оползневые подвижки. Сила землетрясений составляет 7 баллов.

Четвертичные отложения в регионе имеют ограниченное распространение Так, по долинам рек развиты *аллювиальные отложения,* которые состоят из комплекса галечников с валунами и валунников с песчаным заполнителем. Они относятся к инженерно-геологической

группе крупнообломочных пород с песчаными Отложения водоносны с глубины 1—2 м, подземные воды агрессивностью не обладают

Делювиально-пролювиальные отложения представлены комплексом суглинков с включением щебенки и глыб мощностью от 5 до 10 м Они покрывают пониженные участки склонов хребтов и долин, выполняют небольшие депрессии и залегают на плоскостях выравнивания Комплекс отложений относится к инженерно геологической группе глинистых с крупнообломочными пород Водоносность слабая и практического значения не имеет Широко развиты в регионе *флювиогляциальные отложения,* особенно в восточной части Гурийской впадины, Триалетских складчатых хребтов и в Тбилисской котловине, где они представлены комплексом глин и суглинков с линзами и прослоями галечников Комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе глинистых с крупнообломочными пород

На Батхви-Насахиральском орошаемом массиве (оросительная система Батхви-Насахирали) флювиогляциальные глины имеют объемную массу от 1,0 до 1,3 г/см^3, плотность от 2,6 до 2,9 г/см^3, естественную влажность от 40 до 45%, пористость от 55 до 65%, число пластичности от 25 до 35, допускаемое напряжение $2 \cdot 10^5$—3 10^5 н/м^3, коэффициент фильтрации от 4 10^{-4} до 5 10^{-6} см/с и гигроскопическую влажность от 5 до 9%

Флювиогляциальные суглинки характеризуются объемной массой 1,4 кг/м^3, плотностью 2,80 кг/м^3, естествеиной влажностью от 50 до 55%, пористостью от 45 до 50%, числом пластичности от 20 до 25, коэффициентом фильтрации 8×10^{-4}—7×10^{-6} см/сут и гигроскопической влажностью 6—8%

На орошаемом массиве Дагомского совхоза глина с включением гравия имеет среднюю объемную массу 1,8 кг/м^3 в сухом и 2,0 кг/м^3 в водонасыщенном состоянии Глубина залегания грунтовых вод в средней части Гурийской депрессии варьирует от 5 до 10 м Воды обладают агрессивностью выщелачивания

В долине р Куры, между г Мцхета и ж-д ст Хашури развиты *аллювиально-флювиогляциальные* отложения, представленные комплексом галечников с песком и суглинком, относящихся к инженерно-геологической группе глинистых с крупнообломочными пород На Хаспском оросительном массиве суглинки данного комплекса имеют объемную массу от 1,62 до 1,71 кг/м^3 плотность от 2,73 до 2,74 кг/м^3, влажность от 12 до 25%, пористость от 45 до 50%, число пластичности от 20 до 30, гигроскопическую влажность от 5 до 12% и коэффициент фильтрации $8{,}3 \times 10^{-6}$ см/с

В Гурийской межгорной депрессии, в ее западнои части развиты *озерно-аллювиальные* отложения, представленные комплексом илов с торфом и прослоями песков Они относятся к инженерно-геологической группе органо-минеральных пород с близко залегающими к поверхности грунтовыми водами

Нижнечетвертичные отложения *эффузивной формации* слагаются комплексом базальтов, долеритов и андезитов Они имеют ограниченное распространение, слагают Гуджаретские и Бакурианские лавовые нагорья и относятся к инженерно геологической группе скальных пород Подземные воды приурочены к трещиноватой зоне и залегают на глубинах более 10 м

Породы *молассовой формации* представлены в основании комплексом плотных слабопластичных глин, песчаников мощностью до 1200 м В верхней части разреза преобладают конгломераты и песчаники с суглинистым цементом мощностью до 2000 м Отложения относятся к инженерно геологической группе полускальных с глинистыми пород

Водоносными являются конгломераты и песчаники, однако водообильность их слабая, возможна сульфатная агрессивность вод.

Породы *флишевой формации* (боржомский флиш) палеоцена и эоцена протягиваются узкой полосой в центральной части региона. Они представлены комплексом известняков, известняковистых песчаников (преобладают в верхней части разреза), реже диабазами мощностью от 0,5 до 15,0 м, мергелями и аргиллитоподобными глинами мощностью от 50 до 1500 м. Эти образования относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород со скальными.

Склоны, сложенные породами данной формации, имеют пологие очертания, с крутизной от 10 до 30°. Породы интенсивно трещиноваты, выветрелы с поверхности. Сильная тектоническая трещиноватость флиша в районе Боржоми и выветривание их способствуют развитию мощного (до 40 м) делювиального покрова щебенисто-глыбового состава с суглинистым заполнителем, который часто оползает. За 1968—1969 гг. активные оползневые подвижки возобновились близ селений Вашловани и Квибиси. Мощность оползневых накоплений достигает 20 м и более. Оползневые смещения связаны с подмывом склона р. Курой.

Делювиальные суглинки оползня имели естественную влажность равной 23%, сцепление $0{,}4 \cdot 10^5$ н/м^2, а при зафиксированной оползневой подвижке до 30%. Флиш обводнен локально и в основном в зоне активного водообмена. Водообильность его слабая, подземные воды приурочены к трещинам, агрессивность их не изучена. На площадях развития флиша широко наблюдаются осыпи, обвалы и сели

Породы *терригенной формации* верхнего эоцена, олигоцена и нижнего миоцена слагают Гурийское предгорье и Манглисско-Тбилисский район. Они представлены комплексом глин аргиллитоподобных, сланцеватых мергелей, туфобрекчий и песчаников, которые относятся к инженерно-геологической группе полускальных глинисто-обломочных пород с вулканогенными. Мощность отложений от 600 до 900 м. Песчаники формации граувакового типа на хлоритовом, реже глинистом и карбонатном цементе имеют временное сопротивление сжатию $5 \cdot 10^7$—$7 \cdot 10^7$ н/м^2, при увлажнении их прочность уменьшается вдвое. Аргиллиты тонкослоистые, гидрослюдисто-монтмориллонитовые. Строительство метрополитена в г. Тбилиси показало, что ниже базиса эрозии верхнеэоценовые песчаники и аргиллиты при естественном режиме влажности являются очень крепкими, монолитными. Однако, обнажаясь на поверхности, они интенсивно выветриваются, особенно аргиллиты, рассланцовываются и обогащаются гипсом, превращаясь в дресву. Образующийся при этом элювий мощностью до 15 м легко размывается, что приводит к оврагообразованию в пределах Триалетского хребта. В зоне Тбилисского водохранилища аргиллиты и песчаники подверглись суффозии, что привело к понижению их прочности и увеличению коэффициента фильтрации. Поэтому потребовалось зацементировать породы, находящиеся в основании плотины. Отложения водоносны локально. Вода содержится в основном в песчаниках и туфобрекчиях на глубинах более 10 м. Водообильность отложений слабая. Подземные воды обладают, как правило, сульфатной агрессивностью.

Породы *вулканогенно-осадочной формации* эоцена и реже мела занимают большую часть территории региона. Они представлены комплексом порфиритов, туфобрекчий, туфоконгломератов, аргиллитов и конгломератов. Комплекс указанных отложений относится к инженерно-геологической группе скальных с полускальными. Мощность формации 1500—3500 м.

Порфириты имеют объемную массу 2,6 т/м^3, влажность 16%, пористость 20%, число набухания 10, временное сопротивление сжатию $15 \cdot 10^7$ н/м^2, водопоглощение 0,6%.

Щебень туфогенных пород имеет объемную массу 1,6 кг/см^3, плотность 2,8 кг/см^3 и пористость 53%.

Андезитовые туфобрекчии выветрелые, характеризуются объемной массой 2,6 кг/м^3 и временным сопротивлением сжатию $6 \cdot 10^6$ н/м^2.

Туфобрекчии слабо выветрелые, имеют объемную массу 2,8 кг/см^3 и временное сопротивление сжатию $14 \cdot 10^7$ н/м^2

В зоне активного водообмена в отложениях содержатся безнапорные подземные воды, водообильность которых слабая. В Аджаро-Имеретинских хребтах грунтовые воды западной части обладают сульфатной агрессивностью и агрессивностью выщелачивания, а в восточной они неагрессивны. В Триалетских складчатых хребтах и в Ахалцихской депрессии в южной части грунтовые воды имеют агрессивность выщелачивания, а в восточной части они неагрессивны. Интенсивно развита зона выветривания пород данной формации в восточой части региона, где она имеет мощность 10—15 м, к которой приурочены обвалы, осыпи, сели и реже оползни. В западном направлении преобладают процессы химического выветривания, достигающие максимума в субтропиках на Аджарском побережье Черного моря, где на породах эффузивно-осадочной формации развивается латеритовая зона выветривания мощностью до 40 м. К мощной зоне выветривания приурочены активные оползни в бассейне р. Аджарис-Цхали, а селевые потоки — в бассейнах рек Аджарис-Цхали, Чорохи и др.

Инженерно-геологические условия Аджаро-Триалетской складчатой системы определяются наличием высотных и средневысотных горных хребтов, расчлененностью рельефа глубокими долинами, широким развитием скальных и полускальных пород терригенных, вулканогенно-осадочных и молассовых формаций, активным проявлением обвально-оползневых процессов и в западной части — селевых потоков. Имеется возможность использования рек для строительства средних и малых гидроэлектростанций. Сейсмичность оценивается в 7 баллов, за исключением Ахалкалакской зоны, где она составляет 8 баллов.

Освоение региона требует проведения сложной инженерной подготовки территории.

Регион 62. Мегантиклинорий Малого Кавказа является типичной горной страной, где сочетаются складчатые и складчато-глыбовые горы, крупные вулканические массивы и плато, межгорные аллювиальные и озерные котловины с глубокими и узкими речными долинами.

В пределах Малого Кавказа выделяются следующие геоморфологические области. внешние и внутренние хребты Малого Кавказа, соответствующие Сомхетско-Карабахскому мегантиклинорию и Севано-Ширакскому синклинорию; Армянское вулканическое нагорье; южные хребты Малого Кавказа, соответствующие Зангезурским тектоническим структурам; Среднеараксинская аккумулятивная равнина, соответствующая Среднеараксинскому межгорному прогибу.

Область внешних хребтов Малого Кавказа характеризуется эрозионно-денудационным, расчлененным горно-долинным рельефом со складчатыми структурами и разломами. Абсолютные отметки их изменяются от 2500 м (Иджеванский хребет) до 400 м на севере (на границе с Куринской впадиной). Относительное превышение составляет 400 м. Наиболее расчленены склоны долин рек Дебед и Агстев. Крутизна склонов здесь достигает 30° и более. Низкогорные районы области характеризуются небольшими высотами (700—900 м), останцово-денудационными формами рельефа при небольшой (10—20°)

крутизне склонов, расчлененных широкими водосборными воронками и логами. Наибольшим распространением в области пользуются вулканогенно-осадочные, вулканогенные и карбонатные породы. В пределах области широко развиты оползни, сели, обвалы и осыпи.

Область внутренних хребтов Малого Кавказа представляет сложное сочетание линейно вытянутых хребтов и межгорных котловин. Хребты Ширакский, Базумский, Памбакский и другие имеют эрозионно-структурный, интенсивно расчлененный рельеф с абсолютными отметками от 2200 до 2900 м и относительным превышением 400—500 м. Для области характерна вертикальная поясность рельефа. Древнее оледенение отсутствует. Среднегорный пояс характеризуется глубоким и интенсивным эрозионным расчленением с преобладанием глубинной эрозии. Низкогорный пояс отличается останцово-денудационным холмистым рельефом с крутизной склонов 10—20° Широко развиты процессы физического морозного выветривания в высокогорном и среднегорном поясах, в результате чего образуются каменные россыпи. Активно проявляются сели и оползни. Землетрясения оцениваются в 5—6 баллов. Вулканические массивы с крутыми, ступенчатыми склонами расчленены глубокими долинами, на бортах которых часто развиваются осыпи.

Область Армянского вулканического нагорья имеет уклон поверхности 4—6° На фоне плато возвышаются многочисленные шлаковые конусы последних вулканических извержений, продукты которых заполнили долины рек и оврагов. Речные долины прорезают вулканическое плато узкими каньонами. В каньоне р. Раздан развиты крупные оползни. Область сложена покровными лавами базальтового состава. Для плато характерно развитие «белоземов» — карбонатных суффозионно-неустойчивых грунтов, являющихся корой выветривания базальтов, которые обладают значительной просадочностью Сейсмичность области оценивается в 4—5 баллов

Область Южных хребтов Малого Кавказа характеризуется интенсивно расчлененным рельефом. Четко выделяется вертикальная поясность рельефа. высокогорный пояс имеет нивально-эрозионный рельеф, средневысотные горы с эрозионно-денудационным и аридно-денудационным рельефом, низкие аридно-денудационные горы с интенсивным расчленением, с мощными пролювиально-аллювиальными отложениями. Интенсивно развиваются процессы выветривания. Обилие рыхлых продуктов на склоне, слабая залесенность, большая крутизна склонов, значительное количество осадков способствуют энергичной эрозии, образованию селей, которые устремляются в Араратскую долину. В области развиты оползни, обвалы, осыпи и карстовые процессы Сейсмичность оценивается в 8—9 баллов.

Область Среднеараксинской аккумулятивной равнины имеет абсолютную высоту от 800 до 1100 м Наблюдается слабый уклон поверхности в сторону Аракса. Климат области аридный, полупустынный. Развиты аллювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения. Территория является зоной сильных, нередко катастрофических землетрясений.

Четвертичные отложения *делювиально-пролювиального* генезиса, образовавшиеся на горных склонах, развиты на лавовых плато и пологих склонах, местами достигая мощности 30 м. Они представлены комплексом макропористых, карбонатизированных суглинков, реже глин и супесей с небольшим включением обломков эффузивных пород Делювиальные суглинки в долине р. Арпа имеют объемную массу 1,58—1,81 г/см^3, плотность 2,73—2,77 г/см^3, пористость 49,3—56%, естественную влажность 28,3—69,6%, коэффициент трения при естественной

структуре 0,222—0,438, сцепление 0,17—0,7 н/м². В районе Аргичинского водохранилища делювиальные суглинки характеризуются объемной массой 1,56—1,70 кг/м³, плотностью 2,60—2,75 кг/м³, пористостью от 47,9 до 55,8%, коэффициентом пористости 0,9—1,2, естественной влажностью от 16,8 до 35,3%, коэффициентом трения при естественной структуре 0,308—0,458, углом внутреннего трения от 17° 06′ до 24° 38′ и сцеплением $0{,}1 \cdot 10^5$—$0{,}25 \cdot 10^5$ н/м². В условиях межгорных впадин отложились аллювиальные, пролювиально-аллювиальные, озерно-аллювиальные и флювиогляциальные отложения. Они развиты в Масрикской котловине и Среднеараксинской впадине. Мощность их в первой котловине достигает 110 м, где они представлены комплексом суглинков, песков, супесей, галечников и глин. Вторая впадина выполнена мощным (до 400 м) комплексом аллювиальных отложений, которые переслаиваются с лавовыми покровами. Отложения носят непостоянный характер. Пески плохо отсортированы, переходят в глинистые и песчаные глины. В верхних горизонтах примешивается значительное количество глинистого материала и пески переходят в суглинки, подстилающие туфы. Пески подразделяются на гравелистые, крупные, средней крупности и мелкие. Карбонатов в песках 1—3,25%, естественная влажность у гравелистых песков 6,8—7,4%, у крупных 13,5%, у мелких 15,2%. Коэффициент водонасыщенности для гравелистых песков 0,35—0,4, для крупных 0,68; плотность гравелистых песков 2,58—2,70 кг/м³, крупных 2,55 кг/м³, средних 2,66 кг/м³ и мелких 2,66 кг/м³. Пористость гравелистых песков составляет 32,8—33,9%, крупных свыше 40,6%, средних и мелких составляет 36,1 и 37%.

Пролювиально-аллювиальные пески имеют следующие углы естественного откоса: гравелистые пески 37—40°, под водой 32—38°; крупные пески 36°, под водой 33°, средней крупности 35°, под водой 30°; мелкие пески 31°, под водой 28°. Модуль деформации песков под давлением $2 \cdot 10^5$ н/м² равен $508 \cdot 10^5$—$339 \cdot 10^5$ н/м², коэффициент бокового расширения песка 0,265.

Озерные отложения представлены комплексом плотных, известковистых глин, чередующихся с диатомитовыми глинами мощностью 300 м. Их отложение сопровождалось активной вулканической деятельностью, приведшей к обогащению осадков вулканогенным материалом. Это способствовало образованию в них аморфного кремнезема. Озерные глины легко выветриваются с образованием многочисленных трещин усыхания, которые заполнены продуктами выветривания и гидроокислами железа. Это высокодисперсные породы. Естественная влажность озерных глин составляет 38,5—48,4%, плотность 2,53—2,63 г/см³, пористость колеблется от 51,78 до 59%, коэффициент пористости 1,13—1,19. Глины обладают высоким значением числа пластичности 36—44, что объясняется их минеральным и дисперсным составом. Показатель консистенции равен 0,05—0,54. Величина показателя уплотненности меньше единицы и составляет 0,87—0,88. Глины находятся в потенциально-пластичном состоянии Коэффициент фильтрации глин 10^{-6}—10^{-7} см/сут, они практически водоупорны, угол внутреннего трения варьирует от 17° 32′ до 19° 48′. В Араратской долине озерные отложения представлены песками и диатомитовыми глинами. Пески глинистые, уплотненные, в различной степени сцементированные. Их гранулометрический состав: частиц $<0{,}005$ мм — 0,5—1%; 0,01—0,005 мм — 4—7%; 0,05—0,01 мм и более — 20—30%; 0,25—0,05 мм — 35—45%; 1—0,25 мм — 10—15% и 1 мм — 20—30%, их плотность 2,59—2,77 г/см³, пористость 49—52%.

Глины диатомитовые содержат частиц $<0{,}005$ мм — 7—9%; 0,01—0,005 мм — 28—43%, 0,05—0,01 мм — 25—35%; 0,25—0,05 мм — 15—

19%; 1,0—0,25 мм — 2,5%; 1 и более мм — 0,5—1,0% Объемная масса глин колеблется от 1,30 до 1,50 т/м^3, пористость 50—60%, естественная влажность 30—40%, число пластичности 22—28, сцепление $0{,}25 \cdot 10^5$—$0{,}53 \cdot 10^5$ н/м^2.

Аллювиальные отложения, представленные комплексом валунов, гальки и гравия, мощностью до 50 м относятся к инженерно-геологической группе крупнообломочных пород с песчаными.

Отложения содержат подземные воды, залегающие близко к поверхности земли. В пойменной зоне Аракса, несмотря на засушливый климат, значительная часть территории заболочена. В паводковый период происходит интенсивный подмыв берегов, тогда как на отдельных площадях в сухую погоду образуются такыры. Для защиты от размыва вдоль реки сооружаются дамбы.

Породы *молассовой формации* палеогенового и неогенового возраста представлены комплексом песчано-глинистых отложений с незначительными прослоями и линзами конгломератов и галечников. Общая мощность превышает 3000 м. Комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе глинистых и песчано-глинистых пород. Глины характеризуются значительной неотсортированностью Широко развиты в этих глинах пластичные оползни и грязе-каменные сели. В долине р. Воротан диатомовые глины молассовой формации жирные, тонкослоистые (Армгидропроект) достигает 250 м мощности, имеет влажность 69,5%, пористость до 66,6% и допустимые давления не более $0{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2. При сооружении искусственного озера вблизи курорта Нафталан были обнаружены выходы подземных вод, обладающих сульфатной агрессивностью. Это потребовало применения изоляции и специальных марок цемента в бетонных сооружениях плотины

Породы *терригенно-карбонатной формации* девонского и каменноугольного возраста представлены комплексом перемежающихся песчано-глинистых сланцев, кварцитов, известняков и песчаников Кварциты сахаровидные, массивные, слабо трещиноватые Мощность пластов до 80—120 м. Известняки разнослоистые, часто битуминозные, местами доломитизированные, сильно трещиноватые с поверхности выветривания Эти отложения относятся к инженерно-геологической группе скальных с полускальными. Здесь развиты осыпи, оползни и грязе-каменные сели. Породы слабо водоносны. Подземные воды, находящиеся в трещиноватой зоне, обладают углекислой агрессивностью.

Породы *карбонатной формации* девона, перми, триаса, верхней юры, нижнего и верхнего мела представлены комплексом известняков и доломитов. Известняки массивные, среднеслоистые, нередко мраморизованные. Доломиты прочные. Трещины заполнены глинисто-дресвяным и суглинистым материалом. Отложения собраны в складки и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Известняки имеют объемную массу 2,62 кг/м^3, механическую прочность при сжатии $102 \cdot 10^6$ н/м^2 (максимальную), $75 \cdot 10^6$ н/м^2 (минимальную) и $86 \cdot 10^6$ н/м^2 (среднюю), коэффициент фильтрации известняков равен 4,79 м/сут.

Породы водообильны. Из современных геологических процессов развиты, карст, осыпи, оползни и сели

Породы *метаморфической формации* палеозойского возраста представлены комплексом сланцев, гнейсов и мраморов. Сланцы хлорит-эпидотовые, амфиболовые, слюдисто-полевошпатово-кварцевые, гранатовые и графитовые сильно дислоцированы, разбиты трещинами и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород Временное сопротивление сжатию изменяется от 10^8 до $2 \cdot 10^8$ н/м^2. Мраморы характеризуются объемной массой 2,5 кг/м^3, пористостью 0,84—1,34%, водопоглощением по весу от 0,06 до 0,24%, пределом прочности при сжа-

тии $77 \cdot 10^6$—$92{,}5 \cdot 10^6$ н/м². На склонах в процессе выветривания сланцев образуются осыпи, состоящие из мелкого щебня. Отложения данной формации слабо обводнены. Подземные воды приурочены к верхней трещиноватой зоне.

Породы *вулканогенно-осадочной формации* верхнеюрского, нижневерхнемелового и эоценового возраста представлены комплексом туфопесчаников, туфоконгломератов, туфобрекчий, туфосланцев, порфиритов, глин, туфов с линзами рифовых известняков. Наиболее распространены туфопесчаники и порфириты. Туфопесчаники сильно трещиноваты и выветрелы. Структура псаммитовая, неравномернозернистая, обломочные частицы сцементированы глинисто-туфовым материалом. Породы относятся к инженерно-геологической группе скальных с полускальными пород. Туфопесчаники имеют объемную массу 2,27 кг/м³, пористость 17,9%, водопоглощение 5,8%, предел прочности на сжатие — $525 \cdot 10^5$ н/м² у сухих образцов и $326 \cdot 10^5$ н/м² у водонасыщенных. Туфобрекчии обычно мелкие, реже грубые, трещины волосные. Туфобрекчии и туффиты массивнослоистые, туфопесчаники тонкослоистые, плитчатые. Туфобрекчии имеют объемную массу от 2,05 до 2,5 кг/м³, пористость от 7,5 до 22,2%, водопоглощение от 1,51 до 8,78%, пределы прочности на сжатие у сухого образца $648 \cdot 10^5$—$1683 \cdot 10^5$ н/м² до $560 \cdot 10^5$—1490×10^5 н/м² у водонасыщенного. Порфириты серые и зеленовато-серые, плотные, трещиноватые, слабо выветрелые, слабо водообильные, массивные разности являются практически водоупором. Коэффициент фильтрации их изменяется от 0,002 до 0,025 м/сут. Лишь в поверхностной выветрелой зоне они характеризуются как слабо водопроницаемые с коэффициентом фильтрации 0,10 м/сут. Объемная масса порфиритов 2,72 кг/м³, временное сопротивление сжатию — максимальное $1390 \times \times 10^5$ н/м², минимальное $930 \cdot 10^5$ н/м², среднее — 1160—10^5 н/м². Породы данной формации имеют большое площадное распространение, их суммарная мощность оценивается в несколько тысяч метров.

Туфопесчаники легко поддаются выветриванию. У подножия склонов и уступов образуются мелкообломочные россыпи. Широко развиты оползни и грязе-каменные сели. Оползание происходит как делювиального суглинисто-обломочного покрова, так и пачек дочетвертичных пород данной формации. Подземные воды в порфиритах иногда агрессивны по отношению к портланд-цементу. В целом породы вулканогенно-осадочной формации слабо водообильны и слабо водопроницаемы.

Породы *вулканогенной формации* юрского, верхнемелового, неогенового и четвертичного возраста представлены комплексом порфиритов, кератофиров, их брекчий и туфов общей мощностью 2700 м. Отложения плотные, слабо трещиноватые, относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Объемная масса их изменяется от 2,80 до 2,67 кг/м³, предел прочности порфиритов при сжатии в сухом состоянии составляет $15 \cdot 10^7$ н/м², а в водонасыщенном $10{,}5 \cdot 10^7$ н/м². Объемная масса кератофиров 2,67 кг/м³, туфобрекчий — 2,68 кг/м³. Предел прочности в сухом состоянии у кератофиров $6 \cdot 10^7$ н/м² туфобрекчий 10^8 н/м², а в водонасыщенном, соответственно, $3{,}3 \cdot 10^7$ и $6{,}5 \cdot 10^7$ н/м².

Инженерно-геологические изыскания, проведенные в створе плотины в долине р. Тертер, показали, что среднеюрские туфобрекчии имеют временное сопротивление на сжатие до $4 \cdot 10^7$ н/м², туфопесчаники значительно слабее. Трещиноватость пород невысокая, коэффициент водопоглощения не превышает 0,1 л/мин. Породы слабо водообильны. Коэффициент трещинной пустотности липаритов равен 2 Вследствие физического и морозного выветривания развиты каменные россыпи «чингили». Имеется некоторый опыт строительства на породах данной формации. Так, в верховьях р. Тертер при строительстве бальнеологического курор-

та Истису строительная площадка была ограничена участками древних оползней и обвалов. При проведении планировочных работ следует соблюдать осторожность, чтобы не вызвать оползания делювиального покрова, залегающего на скальных эффузивных породах. В целом условия для возведения различного рода сооружений на породах вулканогенной формации благоприятны.

Породы *интрузивной формации* палеозоя и мезозоя представлены комплексом гранодиоритов, диоритов и гранитов, реже пироксенитов, перидотитов, дунитов, серпентинитов и габбро. Они слабо трещиноваты и слабо выветрелы. Ничтожная пористость, сравнительно слабая трещиноватость и выветрелость обусловливают незначительную водопроницаемость и высокую прочность пород в массиве.

Отложения интрузивной формации характеризуются высокой прочностью и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород, пригодных в качестве основания для любых сооружений Механическая прочность на раздавливание у гранодиоритов, согласно лабораторным исследованиям, равна $17 \cdot 10^7$ н/м^2. Перидотиты имеют объемную массу 2,72 кг/м^3, а габбро 2,88 кг/м^3; пределы прочности при сжатии в сухом состоянии у перидотитов $61 \cdot 10^6$ н/м^2, у габбро варьируют от $202 \cdot 10^6$ до $89 \cdot 10^6$ н/м^2. Гранодиориты имеют объемную массу 2,5—2,7 кг/м^3, предел прочности при сжатии в сухом состоянии $17 \cdot 10^7$ н/м^2. Граниты имеют объемную массу 2,58 кг/м^3, предел прочности при сжатии в сухом состоянии — $161 \cdot 10^6$ н/м^2.

Водоносность пород связана с верхней трещиноватой зоной. Подземные воды пресные и ультрапресные, обладают общекислотной агрессивностью. У подножий склонов развиты грязе-каменные сели.

Инженерно-геологические условия мегантиклинория Малого Кавказа определяются сложными рельефными условиями, широким распространением полускальных и скальных вулканогенно-осадочных и терригенно-карбонатных пород, активным проявлением новейших движений и развитием обвалов, осыпей, отседания склонов, оползней, селей и карста, а также высокой тектонической трещиноватостью. Сейсмичность оценивается в 6—8 баллов.

Регион 63. Талышский антиклинорий. В пределах региона выделяются два более мелких антиклинория: Астаринский и Алашар-Буроварский, разделенные Ярдымлинским синклинорием.

Талышский антиклинорий в геоморфологическом отношении соответствует геоморфологической области разновысотных структурно-денудационных гор Талыша. Область интенсивно расчленена, ее слагают преимущественно вулканогенно-терригенные и флишевые отложения. Широко развиты процессы выветривания, эрозия, обвалы. По долинам рек в Ярдымлинской котловине наблюдаются оползни. Преимущественное распространение в регионе имеют дочетвертичные отложения четырех формаций: молассовой, флишевой, вулканогенно-осадочной и вулканогенной.

Породы *молассовой формации* майкопа и миоцена мощностью более 3500 м состоят из комплекса песчано-глинистых отложений с подчиненными прослоями конгломератов, мергелей, известняков и ракушечников. Они относятся к инженерно-геологической группе полускальных глинисто-обломочных пород. На площади их распространения широко развиты оползни, особенно на крутых склонах речных долин Отложения обводнены слабо. Подземные воды залегают на глубинах более 10 м и обладают сульфатной агрессивностью.

Породы *флишевой формации* включают отложения палеоцена и эоцена. Они представлены комплексом аргиллитов, туфов, песчаников, туфогравелитов, чередующихся между собой в различных соотноше-

ниях. Отложения собраны в крутые, нередко изоклинальные складки. Общая мощность 2000 м. Комплекс указанных образований относится к инженерно-геологической группе полускальных (глинистых, обломочных и вулканогенных) пород. Отложения сильно дислоцированы и нарушены продольными взбросами. Подземные воды приурочены к верхней трещиноватой зоне. На крутых склонах развиты обвалы и небольшие мелкообломочные осыпи.

Породы *вулканогенно-осадочной формации* представлены комплексом туфобрекчий, туфоконгломератов, туфопесчаников, аргиллитов и базальтов эоцена, общей мощностью около 2000 м, они относятся к инженерно-геологической группе полускальных (глинисто-обломочных с вулканогенными) пород, падают моноклинально на северо-восток под углом от 25 до 45° и бедны подземными водами. На крутых склонах развиты оползни.

Породы *вулканогенной формации* эоцена сложены комплексом андезитов, туфобрекчий и туфоконгломератов, мощностью до 700 м. Они падают на северо-восток и относятся к инженерно-геологической группе скальных вулканогенных пород. Отложения содержат подземные воды в верхней трещиноватой зоне. На склонах южной экспозиции развиты крупноглыбовые осыпи.

Инженерно-геологические условия региона определяются сложными рельефными условиями, широким развитием дочетвертичных пород, интенсивной изрезанностью овражно-балочной сетью, бедностью подземными водами, развитием обвалов, осыпей и оползней, сейсмической активностью в 7 баллов.

При освоении территории потребуется комплекс сложных инженерных мероприятий.

Регион 64. Закаспийская впадина является областью глубокого опускания. Она выполнена толщей неогеновых и четвертичных отложений общей мощностью 3—5 тыс. м.

Закаспийская впадина характеризуется мощным развитием кайнозойских отложений с разнообразной и сложной глубинной тектоникой и новейшими тектоническими движениями. Результатом этих движений является развитие отдельных изолированных участков, сложенных интенсивно дислоцированными плиоценовыми, и нижнечетвертичными отложениями на общем фоне горизонтального залегания мощной толщи четвертичных пород.

Регион в геоморфологическом отношении представляет собой область Закаспийской низменности с отметками поверхности 3—55 м. Территория сложена преимущественно аллювиальными, пролювиальными и морскими отложениями.

Аллювиальные отложения распространены в Закаспийской низменности и на Красноводском полуострове. Комплекс современных аллювиальных отложений представлен песками глинистыми, разнозернистыми, сравнительно слабо отсортированными. С поверхности до глубины 10 м они ожипсованы и засолены. Гранулометрический состав песков следующий: фракция 1 мм от 0,15% до нуля; фракция 1,0—1,5 мм от 0,12% до нуля; фракция 0,5—0,25 мм от 3,36% до нуля; фракция 0,25—0,05 мм от 88,6 до 24,73—64,36%. Пески мелкозернистые в среднем с коэффициентом пористости 0,7 и углом внутреннего трения 30°.

Глубина залегания подземных вод в современных аллювиальных отложениях колеблется от 0 до 10 м, подземные воды неагрессивные.

Аллювиальные отложения верхнечетвертичного возраста развиты по всей южной части Закаспийской низменности. Комплекс аллювиальных отложений верхнечетвертичного возраста представлен тонко- и мелкозернистыми песками с частыми прослоями и линзами глин, суглинков

и супесей мощностью от 2 до 40 м. Пески мелкозернистые, имеют коэффициент пористости 0,6 и угол внутреннего трения 34—36°.

Глубина залегания подземных вод изменяется от 3 до 40 м. Подземные воды обладают сульфатной агрессивностью.

Эоловые отложения распространены в Закаспийской низменности и на Красноводском полуострове и представлены комплексом кварцевых, полимиктовых, слюдистых и мелкозернистых песков мощностью до 10 м Пески в основном безводные, обладают коэффициентом пористости 0,7 и углом внутреннего трения 30°.

Морские новокаспийские отложения представлены комплексом песков разнозернистых, кварцевых и полимиктовых Они прослеживаются вдоль побережья Каспийского моря, слагают полосу морского дна и относятся к инженерно-геологической группе песчаных пород.

Подземные воды в них залегают близко к поверхности и обладают сульфатной агрессивностью

Инженерно-геологические условия Закаспийской впадины определяются равнинностью рельефа, преимущественным развитием песчаных и песчано-глинистых отложений, распространением процессов засоления и развевания, близким залеганием к поверхности подземных вод, преимущественно минерализованных, обладающих сульфатной агрессивностью

Регион 65. Копетдаг и Парапамиз представляют собой молодое складчатое сооружение в виде дуги, складки которой в западной части ориентированы в юго-западном, а в центральной и восточной частях в юго-восточном направлении.

Современный Копетдаг относится к геосинклинальной зоне Альпийской складчатости Формирование складок началось в допалеогеновое время. Современный рельеф Копетдага сформирован неогеновыми и четвертичными отложениями. Отмечаются сильные землетрясения.

В геоморфологическом отношении регион представляет область средне-низкогорья, расчлененного эрозионной сетью. Она сложена терригенно-карбонатными и молассовыми отложениями Развиты карстовые, эрозионные и селевые процессы

Наиболее широко развиты дочетвертичные отложения следующих формаций· молассовой, терригеннно-карбонатной и карбонатной

Породы *молассовой формации* представлены комплексом (олигоцен-неогенового возраста) красноцветных континентальных песчаников и песчанистых глин с прослоями конгломератов, мощностью около 600 м. Породы комплекса сохранились лишь на возвышенностях Западного Копетдага и относятся к группе связанных с песчаными. Глины имеют объемную массу, равную 1,93 г/см^3, а число пластичности 25,7. Породы обладают высокой влажностью, что способствует образованию оползней, которые развиты по долинам рек В основном данный комплекс можно рассматривать как региональный водоупор

Породы *терригеннно-карбонатной формации* представлены комплексом палеогеновых мергелисто-глинистых пород. По составу и свойствам они относятся к инженерно-геологической группе полускальных с пластичными и распространены в основном в западной половине региона.

Породы *карбонатной формации* представлены в основном комплексом известняков, массивных или тонкослоистых, а также серых и темных мергелистых известняков. Отложения имеют тонкоплитчатое сложение с хорошо выраженной слоистостью и относятся к инженерно-геологической группе полускальных пород. Общая мощность комплекса изменяется от 500—600 до 3000 м Породы слагают хребты Копетдага, Малого и Большого Балхана, выступая в ядрах антиклиналей. Отложения водоносны, подземные воды трещинно-карстовые, обладают выщелачивающей агрессивностью. Развиты карстовые процессы

Инженерно-геологические условия Копетдага и Парапамиза определяются среднегорным, расчлененным рельефом, преимущественным распространением дочетвертичных пород, развитием карстовых процессов, селей и оползней, а также проявлением новейших тектонических движений и сейсмичности интенсивностью до 7—8 баллов.

Регион 66. Складчатая зона Памира (Памиро-Алайское поднятие). В мезозойско-кайнозойской структуре Памира выделяются три главные структурные зоны: Северная, Центральная и Южная. В Северном Памире суммарная мощность палеозойских пород достигает 12—16 км, причем преобладают терригенные породы. Центральный Памир слагается очень мощными толщами метаморфизованных пород. Зона Южного Памира представлена мощной толщей кристаллических образований: гнейсов, кристаллических сланцев и мраморов докембрийского возраста.

В геоморфологическом отношении складчатая зона Памира делится на две области: высокогорье (западная часть региона) и нагорье (восточная часть региона).

Область высокогорья Памира характеризуется глубокой расчлененностью рельефа. Здесь наблюдается чередование широтно вытянутых, параллельных хребтов и узких глубоких долин; относительные превышения отдельных хребтов над речными долинами достигают 3000—4000 м. Хребты имеют абсолютные отметки от 4500 до 7000 м, отличаются протяженностью, наличием острых вершин, обилием обрывов, ущелий и каньонов (хр. Петра Первого, Дарвазский, Вангский, Язгулошский, Рушанский и др.). На стыке первых четырех хребтов находится район крупнейшего горного оледенения с ледником Федченко. С многолетней мерзлотой, развитой в области на приводораздельных частях хребтов, связаны термокарст, бигры пучения, солифлюкция.

Область слагается преимущественно интрузивными и метаморфическими породами. Развиты обвалы, осыпи, активное выветривание, снежные лавины, эрозия, сели, по долинам рек оползни и землетрясения силой более 7 баллов.

Область нагорья Памира представляет собой высоко поднятое плоскогорье, где над широкими долинами рек и бессточных озер возвышаются хребты с незначительными относительными превышениями — 600—800 м. Здесь также развиты широкие, плоские, высокогорные равнины (3600—4200 м) со следами древнего оледенения. В пределах равнин располагаются озерные чашеобразные котловины и долины рек. Область слагают преимущественно терригенно-карбонатные карбонатные и эффузивно-осадочные отложения. Активно и широко развиваются карстовые процессы, обвалы, осыпи, снежные лавины, по долинам рек — оползни. Землетрясения бывают силой более 6 баллов.

Четвертичные отложения в регионе выполняют озерные котловины и речные долины

Аллювиальные отложения представлены комплексом валунов, галечников и песков мощностью до 5 м. Пойма рек и низкие террасы сложены суглинисто-глинистым комплексом с включением галечника. Отложения водоносны, содержат пресные, близко залегающие к поверхности неагрессивные подземные воды.

Ледниковые отложения представлены комплексом морен древнего оледенения. Это плотные суглинки с включением глыбовообломочных пород. Проницаемость отложений низкая, коэффициент фильтрации составляет 0,04—0,2 м/сут, редко 1,4 м/сут. Дочетвертичные отложения региона распространены наиболее широко.

Породы *терригенной формации* представлены комплексом песчаников и сланцев триаса и юры, относящихся к инженерно-геологической

группе полускальных и скальных пород. Они распространены на Памиро-Алайском поднятии и переходят местами в угленосный комплекс

Выходы подземных вод связаны с делювиальным шлейфом и конусами выноса, реже с коренными породами. Подземные воды пресные, неагрессивные.

Породы *карбонатной формации* палеогенового, мелового, юрского, каменноугольного, девонского и силурийского возраста распространены на юго-восточном Памире. Это комплекс известняков с небольшим количеством конгломератов. Известняки сильно трещиноваты. Прикрытые трещины имеют наибольшую густоту (1—10 тр/м) и модули трещиноватости (5—10%). Сопротивление сжатию известняков бухарского яруса палеогена в долине р. Вахш у пос. Сангтуда изменяется от $413 \cdot 10^5$ до $1543 \cdot 10^5$ н/м^2, степень размягчаемости от 0,6 до 0,9, объемная масса от 0,22 до 2,85 г/см^3. Эти известняки отличаются повышенной, но неравномерной трещиноватостью. Известняки верхнего мела более массивны, прочны и монолитны по сравнению с палеогеновыми, хотя и среди них встречаются закарстованные горизонты. Временное сопротивление сжатию уменьшается примерно на 25% по сравнению с естественным состоянием. В известняках имеются многочисленные ниши, карровые поверхности, поноры и пр. Подземные воды трещинно-карстовые, обладают выщелачивающей агрессивностью.

Породы терригенно-карбонатной формации пермского возраста представлены комплексом песчаников, сланцев, известняков и конгломератов, отложения широко распространены, в основном на Северном Памире Характерны крупные массивы рифовых известняков.

На юго-востоке Памира прослеживается зона сложно чешуйчатого строения Она состоит из терригенно-карбонатных отложений ордовика, силура, девона, карбона, перми, мела и палеогена, представленных известняками, сланцами, песчаниками и конгломератами. Комплексы пород развиты несколькими системами трещин, большая часть которых заполнена продуктами выветривания. Ширина трещин 1—5 мм, удельная густота 1—5 тр/м^2, модуль трещиноватости 5—10% Подземные воды трещинные, пресные, неагрессивные.

Отложения *метаморфической формации* слагаются гнейсовым комплексом и относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Этот комплекс докембрийского возраста состоит из гнейсов с подчиненными прослоями мраморов и кристаллических сланцев.

Породы всех комплексов перебиты трещинами. Большинство их близко к вертикальным и имеет углы падения от 70 до 90°. Густота трещин 1—5 тр/м^2, удельная трещинная проницаемость 1—5%. Подземные воды трещинные, пресные, неагрессивные. Развиты осыпи и обвалы.

Породы *вулканогенной формации* нижнего карбона представлены комплексом диабазов, порфиритов и их туфов. Они окаймляют широкой полосой регион с юго-запада на северо-восток.

Трещины в эффузивных породах в основном северо-восточного простирания. Углы падения трещин от 0 до 90°. Средняя густота трещин 1,3 тр/м^2, модуль трещиноватости 0,15—1,4%. Подземные воды трещинные, ультрапресные, неагрессивные

Отложения *интрузивной формации* представлены комплексом гранитоидов, относящихся к инженерно-геологической группе скальных пород. Интрузивные образования пользуются широким распространением. Породы комплекса разбиты трещинами, причем преобладающими являются вертикальные, углы падения их от 70 до 90°.

Трещины гранитов бывают зияющими и кальматированными продуктами выветривания пород. Удельная густота трещин составляет 1 тр/м^2.

Средние значения временного сопротивления сжатию крупнозернистых гранитов составляют $249 \cdot 10^5$ н/м², среднезернистых 1172—$1294 \cdot 10^5$ н/м², мелкозернистых $1534 \cdot 10^5$ н/м². В крупнозернистых разностях насыщение пород водой и 25-тикратное замораживание приводят к снижению сопротивляемости в 1,5—2 раза, а в мелко- и среднезернистых — не более чем на 20% (коэффициент размягчаемости 0,77—0,93) Вблизи зон разломов породы имеют коэффициент трещинной пустотности 3,7—4,8%, с удалением от этих зон он составляет в среднем 1,35%. Подземные воды ультрапресные, обладают общекислотной агрессивностью. Развито выветривание и обвалы

Инженерно-геологические условия складчатой зоны Памира определяются труднодоступным, скалистым горным, глубоко расчлененным высокогорным рельефом на западе и сравнительно слабо изрезанным на востоке, а также развитием скальных и полускальных интрузивных и метаморфических пород, оледенением в горах, активным проявлением выветривания, трещиноватости, обвалов, осыпей, карста, снежных лавин, селей, эрозии, термокарста и солифлюкции. Сейсмичность оценивается в 9 баллов

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Альпийских регионов

Альпийские регионы геосинклинального режима включают Восточные Карпаты, мегантиклинорий Горного Крыма, Большого и Малого Кавказа, Копетдаг, Центральный, Северный и Южный Памир, для которых характерно чередование горного, нередко высокогорного рельефа и глубоких впадин, указывающих на большие амплитуды размаха современных движений Особенности формирования этих горных сооружений определились складчатостью, присущей подвижному участку земной коры Дифференцированные движения на этой территории продолжаются и в настоящее время, проявляясь в активной сейсмичности.

Здесь развиты дислоцированные полускальные и скальные породы молассовых, флишевых, терригенных, карбонатных и вулканогенно-осадочных формаций преимущественно мезозойского возраста.

Характерной чертой территории является маломощный, невыдержанный чехол четвертичных отложений. Лишь в Закарпатском и Закавказском прогибах их мощность достигает 100 м и более.

В гидрогеологическом отношении Альпийские регионы характеризуются широким распространением в горной части пресных, неагрессивных, трещинных и трещинно-карстовых вод в дочетвертичных отложениях, а также широким развитием мощных водоупорных толщ флишевых и терригенных формаций.

Характерно наличие разломов, по которым поднимаются минерализованные и термальные воды. Наряду с этим в межгорных впадинах и прогибах распространены близко залегающие к поверхности подземные воды с повышенной и сильной минерализацией, включая рассолы, в большинстве случаев обладающие сульфатной агрессивностью.

В *Альпийской зоне складчатости* с устойчивыми поднятиями развиты обвалы, осыпи, эрозия, активное выветривание, сели, оползни и абразионные процессы на морских берегах. На территориях устойчивых опусканий наблюдается заболачивание и засоление.

В климатическом отношении здесь характерно проявление вертикальной зональности В регионе с запада на восток протягивается зона широколиственных лесов (Карпаты), степных и влажных субтропиков (Крым, Кавказ), переходящая далее к востоку в зону сухих субтропиков (Копетдаг, Памир)

Особенностью инженерно-геологических условий территории Альпийской складчатой зоны является ее положение в активном поясе современных неотектонических движений. Сейсмические процессы отмечаются повсеместно (от Карпат до Памира) силой от 6 до 9 баллов. Не менее важной закономерностью регионов Альпийской складчатой зоны является развитие многочисленных и разнообразных современных геологических процессов, которые создают особый динамический режим территорий. При разработке проектов строительства следует заблаговременно предусматривать мероприятия по их предотвращению.

Не менее важной закономерностью инженерно-геологических условий этой зоны служит значительная протяженность в ее пределах морскнх берегов, требующих очень внимательного отношения к сооружениям, возводимым в прибрежной полосе, а также учета абразионной деятельности Черного и Каспийского морей. Природные климатические условия выдвигают Альпийскую зону складчатости на одно из первых мест по освоению как для курортного, так и для гидротехнического строительства. Однако освоение данной территории требует сложной инженерной подготовки.

У. РЕГИОНЫ ТИХООКЕАНСКИЕ

Тихоокеанские регионы охватывают восточную окраину нашей страны и характеризуются большой амплитудой и скоростью вертикальных движений, а также их линейностью и различием высот. Высокие горные цепи контрастируют с глубочайшими подводными океаническими впадинами. К данной территории приурочены очаги наибольшей сейсмической активности и современного вулканизма.

Степень геологической изученности Тихоокеанского геосинклинального пояса позволяет говорить о ее геологической истории только с конца юры, начала мела, когда установился типичный геосинклинальный режим ее развития. При этом прогибание развивалось неравномерно. Оно началось на современной Корякской геосинклинали и постепенно распространилось на Камчатско-Курильскую систему. В Сахалинской геосинклинали прогибания начались на юге и распространились на север.

На границе верхнего мела и палеогена на фоне общего поднятия геосинклинали происходят складчатые движения (Камчатская фаза, частная инверсия прогибов и возникновение антиклинорных и синклинорных зон). В Корякской и Сахалинской системах началась инверсия. В течение длительного времени вплоть до олигоцена во всех геосинклинальных системах господствовали континентальные условия с накоплением углей (Корякская система) и лишь в отдельных прогибах формировались породы вулканогенно-флишевой или вулканогенно-осадочной формаций. В олигоцене вновь возникает и в раннем миоцене заканчивается фаза опусканий. Антиклинорные зоны поднимаются, а синклинорные опускаются с образованием разломов и вулканических излияний по ним. Центрально-Камчатская антиклинорная зона превратилась в вулканическую с образованием вулканического хребта. В Камчатско-Курильской системе происходили резко контрастные движения разных знаков.

В позднем миоцене и плиоцене вновь усиливаются опускания, сопровождающиеся складчатостью, особенно на Камчатке, Курильских островах и на юге Сахалина. В миоцене, особенно в его вторую половину, усилилось общее воздымание Сахалинско-Корякской систем с образованием в прогибах отложений молассовой формации. Поднятия продолжались и в конце плиоцена, вновь проявились складчатые дви-

жения на Сахалине, а основные породы вулканогенной формации сменились на кислые.

В Камчатско-Курильской системе, находящейся в стадии опусканий, проявились излияния базальтовых и андезитовых лав. В антиклинориых зонах в миоцене происходили внедрения гранитных интрузий. В конце плиоцена — начале четвертичного времени тектонические и вулканические процессы затухают под воздействием денудации, рельеф выравнивается почти по всей территории Корякской и обнаженной части Камчатско-Курильской систем.

В четвертичное время продолжались значительные поднятия антиклинорных и прогибания синклинорных зон. Позднеплиоценовые поверхности выравнивания приподняты в современном рельефе на высоту от 600 м на Южных Курильских островах до 1200 м на средней Камчатке. К северу поверхности опять опускаются до отметки 700 м. Интенсивный геосинклинальный процесс переместился в Камчатско-Курильскую систему, отражаясь в активной сейсмичности, а в Корякской системе оживились разломы и активизировались излияния базальтовых, андезитовых, реже кислых лав, продолжающиеся до настоящего времени. На суше в прогибах сейчас формируется молассовая формация.

В состав Тихоокеанского сегмента геосинклинального развития в пределах СССР входят шесть регионов: Западно-Камчатский, Пенжинский и Анадырский прогибы; Корякско-Камчатская антиклинальная зона с Командорскими островами; вулканических излияний Камчатки и Курильских островов; Центрально-Камчатского прогиба; складчатая зона Сахалина; краевые Охотско-Чукотский и Приморский пояса.

Климат Тихоокеанских регионов резко изменяется как по широте, так и с высотой. Продолжительность зимнего периода колеблется от 6—7 м на севере до 3—4 м на побережье Тихого окена. Среднегодовая температура воздуха изменяется от —0,8 до —3,7°, а на юго-востоке до +2,5°. Среднегодовое количество осадков составляет 300—400 мм. Максимум осадков выпадает на юго-востоке (1100—2600 мм), минимум (300 мм) на склонах хребтов. Высота снегового покрова в среднем составляет 30—90 см, по мере удаления от побережья она увеличивается до 100—150 см Снежный покров держится в среднем 179, а на севере 265 дней. Территория Тихоокеанских регионов находится в зоне развития многолетнемерзлых пород.

Гидрография Поверхностный сток вследствие суровых климатических условий на значительной части территории имеет своеобразный характер. В теплый период проходят 95—100% годового стока, а в зимний период он отсутствует. Севернее 56° с ш. реки характеризуются постоянным режимом в течение всего теплого периода. Южнее 56° с ш реки имеют весенне-летнее половодье. Замерзание их происходит здесь с конца ноября, вскрытие в апреле, толщина льда 60—130 см, величина подъема 2—4 м

Модуль стока рек увеличивается с севера на юг от 10 до 20 л/с с 1 км^2

Регион 67. Западно-Камчатский, Пенжинский и Анадырский прогибы. Регион включает Большерецкую, Паланскую впадины и Тигильское поднятие, а также расположенный севернее Пенжинский грабен-синклинорий, протягивающийся на 520 км при ширине около 100 км.

В регионе выделяются три геоморфологические области: Большерецкая озерно-аллювиальная равнина, Тигильская денудационная равнина и Пенжино-Анадырская низменность, разделенная низкогорными грядами

Область Большерецкой озерно-аллювиальной равнины расположена на юго-западе региона и сильно заболочена

Вдоль побережья она протягивается узкой полосой. Сложена область озерно-аллювиальными и болотными отложениями. Равнина повышается на восток до 250 м Долины рек широкие, расположены в широтном направлении. Развито заболачивание и заторфовывание

В центральной части региона находится область Тигильской денудационной равнины, включающей Тигильское поднятие и частично Паланскую впадину. Рельеф холмисто-увалистый, с отметками до 200 м. Гольцовые выступы сложены верхнемеловыми вулканогенно-осадочными отложениями, а антиклинальные структуры — палеогеновым флишем. Понижения выполнены молассовыми отложениями неогена, участвующими в строении синклинальных структур. Широко развиты в регионе современные геологические процессы. Так, в связи со слабым погружением происходит подмыв берегов со средней скоростью смещения береговой линии к востоку от 0,5 до 3 м в год Наиболее эффективным средством укрепления берега являются буны. Подмыв берега наблюдается также на излучинах рек Тигильского поднятия К северу от Озерновского рыбокомбината вдоль берега моря наблюдается перевевание дюнных песков Частичное закрепление их осуществляется с помощью растительности

Область Пенжино-Анадырской низменности, разделенная низкогорными грядами, имеет высоты от 0 до 50 м, и только слабо расчлененные лавовые плато четвертичного возраста достигают здесь 300 м. Современная гидрографическая сеть на равнинах развита слабо. Здесь господствует грядовый, низкогорный, сглаженный и холмисто-увалистый эрозионно-денудационный рельеф с отметками до 600—700 м, приуроченный к относительно приподнятым горст-антиклинальным блокам, сложенным преимущественно породами вулканогенно-осадочной и молассовой формаций. Пониженные участки заболочены, на приподнятых площадях развита эрозия Глубина сезонного промерзания пород для данного региона составляет от 0,6 м на юге до 2,4 м на севере. Суглинистые и супесчаные пылеватые четвертичные породы при увлажнении или насыщении водой в период их сезонного промерзания подвержены пучению. Севернее р Ичи, в понижениях рельефа локально распространены многолетнемерзлые породы, слагающие ядра торфяных или минеральных бугров высотой до 6 м. Мощность мерзлых пород достигает 0,5—10 м с температурой не ниже —1°. Термокарст развит на поверхности надпойменной террасы р. Аманиной Сейсмическая активность на севере региона оценивается в 6 баллов, а на юге до 7—8 баллов

Мощность четвертичных отложений в регионе колеблется от 100 м в пределах Большерецкой впадины до 10—30 м в Паланской, в Пенжино-Анадырской впадине она достигает 50—60 м, а на площади Тигильского поднятия не превышает 3—6 м

Четвертичные отложения в регионе сформированы в условиях предгорных равнин и межгорных впадин

Озерно-аллювиальные отложения нижне-среднечетвертичного возраста представлены комплексом галечников с песчаным и супесчаным заполнителем, песками, глинами, валунами, в верхней части которых залегают супеси и суглинки. Общая мощность этих отложений достигает 100 м. Они относятся к инженерно-геологической группе песчаных и глинистых пород с крупнообломочными Сверху в пределах Пенжинской впадины отложения перекрыты лёссовидными суглинками. Широко развиты погребенные льды, многочисленные озера, интенсивно развит термокарст. Угол естественного откоса песков составляет 30—40°, число пластичности супесей равно 5,1—7, суглинков 8—12, коэффициент фильтрации песков мелкозернистых, пылеватых равен 0,13—0,4 м/сут,

супесей — 0,08 м/сут. Допускаемые давления на глины в твердом состоянии составляют $5 \cdot 10^5$ н/м^2, в пластичном — $3 \cdot 10^5$ н/м^2 Подземные воды залегают на глубинах от 0,5—2 м в понижениях до 20 м на водоразделах. Воды обладают гидрокарбонатной агрессивностью.

Ледниковые отложения верхнечетвертичного возраста мощностью от 6—20 до 60 м в Пенжинской впадине представлены комплексом неотсортированных суглинков и супесей с большой примесью глыб, валунов и галечника. Они имеют значительное распространение в Пенжино-Анадырской низменности. Породы относятся к инженерно-геологической группе глинистых с обломочными Допускаемое давление на суглинки $2 \cdot 10^5$—$5 \cdot 10^5$ н/м^2. Подземные воды залегают на глубине 1—20 м, приурочены к песчаным линзам и обладают местным напором и гидрокарбонатной агрессивностью. В пределах данных отложений развиты термокарст и заболачивание.

Флювиогляциальные отложения верхнечетвертичного возраста мощностью от 7 до 20 м развиты широко в северо-восточной части Пенжино-Анадырской низменности. Они представлены комплексом песчано-галечниковых рыхлых пород и относятся к инженерно-геологической группе песчаных с крупнообломочными. Допускаемое давление на разнозернистые пески $3 \cdot 10^5$—$6 \cdot 10^5$ н/м^2. Подземные воды залегают на глубинах 1—10 м и обладают гидрокарбонатной агрессивностью На поверхности этих отложений развиты: озера, термокарст, заболачивание и пучение.

Аллювиальные отложения, распространенные по долинам рек, имеют обычно мощность на юге 4—6 м, а на севере до 30—80 м. Они представлены комплексом рыхлых и полурыхлых галечниково-песчаных пород с гравием и глинистым заполнителем, относящихся к инженерно-геологической группе песчаных с крупнообломочными. Угол естественного откоса отложений равен 32—40°. Допускаемое давление на сухие породы составляет $2 \cdot 10^5$—$5 \cdot 10^5$ н/м^2, на водонасыщенные $1{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2. Отложения обводнены с глубины 2—3 м Подземные воды обладают общекислотной агрессивностью.

Морские и ледниково-морские отложения, представленные комплексом песков, глин и галечников, развиты узкой полосой вдоль побережья. Отложения с поверхности часто заболочены Они относятся к инженерно-геологической группе песчано-глинистых пород с крупнообломочными. Угол естественного откоса песков равен 36—40°, под водой 30—35°, коэффициент фильтрации 9,5—20,7 м/сут. Допускаемое давление на сухие породы $2{,}5 \cdot 10^5$—$6 \cdot 10^5$ н/м^2, на водонасыщенные $10^5 \cdot 1{,}5$—$2{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2. Породы обводнены с глубины 0,5—6 м. На севере региона широко развит термокарст, заболачивание и обрушение берегового откоса.

Болотные отложения особеннно широко распространены на юге региона. Они имеют мощность 1—4 м и относятся к инженерно-геологической группе органогенных пород. Допускаемое давление на них $0{,}2 \cdot 10^5$ н/м^2. Торфяники обводнены с глубины 0,1—0,5 м. Подземные воды обладают карбонатной агрессивностью. Широко развито заболачивание

Породы *вулканогенной формации* четвертичного возраста мощностью до 400 м представлены комплексом массивных и пористых дацитов, андезитов и базальтов с их туфами, которые относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Андезиты, дациты и массивные базальты обладают очень высокой прочностью. В пределах их распространения широко развиты осыпи и каменные россыпи.

Породы *молассовой формации* нижне-среднемиоценового возраста слагают Большерецкую впадину и Тигильское поднятие, а в пределах Пенжино-Анадырской области они имеют возраст от верхнего мела до

неогена. Отложения представлены комплексом однообразно переслаивающихся алевролитов, аргиллитов, песчаников, гравелитов и углей. Эти образования сложены в крупные складки, трещиноваты, местами разрушены по разломам, прорваны дайками эффузивных пород и относятся к инженерно-геологической группе полускальных глинисто-обломочных пород. Подземные воды залегают в них на глубинах более 10 м и обладают карбонатной агрессивностью. Допустимое давление на эти породы изменяется в зависимости от их состава от $0{,}7 \cdot 10^6$—$1 \cdot 10^6$ до $1{,}5 \cdot 10^6$—$2 \cdot 10^6$ н/м^2. В области их распространения развиты солифлюкция, пучение и заболачивание.

Породы *флишевой формации* палеогенового возраста принимают участие в строении антиклинальных структур Тигильского поднятия. Они состоят из аргиллитов, песчаников, алевролитов и реже конгломератов (терригенный флиш) Отложения смяты в складки, осложнены надвигами и сбросами и относятся к инженерно-геологической группе полускальных глинисто-обломочных пород. Эти отложения трещиноваты и обводнены на глубине от 10 до 40 м. Интенсивное разрушение их при выветривании обусловливает развитие здесь селевых процессов. Допускаемое давление на породы, не затронутые выветриванием, равно $0{,}8 \cdot 10^6$—$2 \cdot 10^6$ н/м^2.

Породы *вулканогенно-осадочной формации,* преимущественно верхнемелового и верхнеюрского возраста, слагают возвышенность Тигильского поднятия. Они представлены комплексом андезитов, порфиритов, туфов, кремнистых, сланцев, реже песчаников, гравелитов и глинистых сланцев. Отложения смяты в складки, дислоцированы, нарушены разломами и прорваны небольшими интрузиями Данный комплекс относится к инженерно-геологической группе полускальных, глинисто-обломочных и скальных вулканогенных пород, которые слабо трещиноваты и обводнены по трещинам в понижениях рельефа На крутых склонах и водоразделах породы безводны. Широко развиты в пределах данной формации солифлюкционные процессы, курумы, осыпи, а в северных районах возможны снежные лавины.

Породы *вулканогенной формации* палеогенового и неогенового возраста развиты в пределах Пенжино-Анадырской депрессии. Они представлены комплексом массивных базальтов, андезито-базальтов и их туфов с липаритами. Породы прочные, очень плотные, относятся к инженерно-геологической группе скальных, водоносны по трещинам. Подземные воды обладают карбонатной агрессивностью. Развиты обвалы, курумы и осыпи.

Инженерно-геологические условия региона определяются равнинным характером рельефа, неглубокой его расчлененностью, развитием на значительной части территории многолетнемерзлых пород с температурой от — 8 до — 10° и мощностью 200—300 м, почти повсеместным распространением аллювиально-озерных, флювиогляциальных и аллювиальных отложений с отдельными небольшими выходами дочетвертичных пород. Освоение территории осложняется развитием многолетнемерзлых пород, близким к поверхности залеганием агрессивных подземных вод, широким развитием заболачивания, перевевания песков, эрозии приподнятых участков, а на площадях распространения многолетней мерзлоты — пучения и солифлюкции.

Регион 68. Корякско-Камчатская антиклинальная зона. Регион состоит из Корякского антиклинория и его структурного продолжения Южно-Камчатского и Восточно-Камчатского антиклинориев

В регионе активно проявлялась интрузивная деятельность, особенно в осевой части Срединного Камчатского выступа. Вся территория испытала интенсивное воздействие неотектоники, о чем свидетель-

ствует амплитуда поднятий (500—1500 м), продолжающихся и до настоящего времени. На высотах более 1000 м наблюдается островная многолетняя мерзлота, приуроченная к выровненным, часто заболоченным участкам, сложенным суглинисто-щебенистыми, элювиально-делювиальными отложениями, покрытыми мхом.

В пределах региона выделяются две геоморфологические области: эрозионно-тектоническое высокогорье (Корякское нагорье и Срединный хребет) и эрозионно-тектоническое среднегорье (Восточный хребет).

Для области эрозионно-тектонического высокогорья характерны ледниковые скульптурные формы рельефа. Склоны хребтов крутые 25—40°, местами обрывистые. Глубина эрозионного расчленения составляет 400—900 м и более. Густота эрозионной сети до 1—1,5 км на 1 км^2. Хребты труднодоступные.

Перевалы расположены на высотах от 600 до 1500 м. Современные ледники каррового типа, расположенные на севере, спускаются до уровня 1200—900 м. В области развиты породы метаморфической, вулканогенной, флишевой и молассовой формаций. В пределах высокогорной части интенсивно развиты многолетняя мерзлота и современные геологические процессы: физическое выветривание, эрозия, обвалы, снежные лавины, а также землетрясения силой до 7 баллов. На побережье Тихого океана активно проявляются процессы абразии и цунами.

Область эрозионно-тектонического среднегорья занимает наибольшую площадь Восточного хребта. Рельеф ее имеет сравнительно мягкие формы, так как здесь развиты мало устойчивые к выветриванию эффузивно-осадочные породы. Глубина эрозионного расчленения составляет 300—100 м. Густота эрозионной сети варьирует от 0,5—0,7 до 1—1,5 км на 1 км^2. В пределах области развито активное физическое выветривание, эрозия, многолетняя мерзлота, обвалы, а также землетрясения силой до 8 баллов. На побережье проявляются цунами и абразия.

Наиболее широко в регионе развиты породы метаморфической, вулканогенно-осадочной, флишевой, молассовой и интрузивной формаций, а также четвертичные отложения аллювиального, морского и лагунно-морского генезиса.

Аллювиальные отложения в верхнем течении рек представлены комплексом, в котором преобладает валунно-галечниковый материал, а в среднем и нижнем течении — пески и гравийно-галечный материал с песчаным и супесчаным заполнителем. Мощность отложений колеблется от 1—6 до 16 м. Допускаемое давление на сухие пески равно $2 \cdot 10^5$ — 3,5 н/м^2, на водонасыщенные 10^5 — $2{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2, на гравийно-галечные $4 \cdot 10^5$—$6 \cdot 10^5$ н/м^2. Глубина залегания подземных вод изменяется от 1—3 до 6—10 м. Коэффициент фильтрации для супесчаных разностей аллювия варьирует от 0,18 до 1,72 м/сут, для пылеватых песков составляет 1 м/сут. Подземные воды обладают гидрокарбонатной агрессивностью. В пределах распространения комплекса аллювиальных отложений развиты наледи.

Морские, лагунно-морские и частично дельтовые отложения распространены на небольших равнинных участках побережья Тихого океана. В верхней части разреза развит комплекс суглинков и илов, в нижней — комплекс галечников и гравийно-галечных отложенийй с прослоями песков, супесей и суглинков. Общая мощность отложений на низких террасах и в дельтах рек достигает 60—100 м. Породы перекрыты торфом мощностью 2—4,5 м и реже 10 м. Отложения относятся к инженерно-геологической группе песчаных с крупнообломочными. Коэффициенты фильтрации в зависимости от состава пород меняются

от 1,5—5 до 435 м/сут. Глубина залегания подземных вод составляет 5—10 м. Воды обладают гидрокарбонатной агрессивностью.

Породы *молассовой формации* нижне-среднемиоценового и верхнемиоцен-плиоценового возраста распространены ограниченно. Они представлены комплексом песчаников, алевролитов, аргиллитов, конгломератов, содержащих значительное количество туфогенного материала. Слабоуплотненные конгломераты содержат линзы углей. Породы смяты в пологие складки с разрывными нарушениями и относятся к инженерно-геологической группе полускальных, глинисто-обломочных и вулканогенных пород. Допускаемое давление на рыхлые песчаники равно $3 \cdot 10^5$—$5 \cdot 10^5$ н/м^2, а на прочие породы достигает 10^6 н/м^2.

Подземные воды залегают на глубинах более 10 м, обладают гидрокарбонатной, иногда общекислотной агрессивностью.

Породы *флишевой формации* распространены на склонах Восточного хребта. Они представлены комплексом песчаников, аргиллитов, алевролитов и конгломератов. Эти отложения смяты в крутые складки, осложненные разломами, и относятся к инженерно-геологической группе полускальных глинисто-обломочных пород. Пористость их уменьшается с глубиной и в среднем составляет 5,5%. Допускаемое давление на них варьирует от $6 \cdot 10^5$—$15 \cdot 10^5$ н/м^2. Подземные воды, вскрытые на глубинах от 36 до 250 м, местами обладают напором. По зонам разломов поднимаются минерализованные, обычно термальные воды. С породами данной формации связаны эрозионные процессы, осыпи и сели.

Породы *метаморфической формации* протерозоя и палеозойского возраста представлены комплексом гнейсов, амфиболитов, кристаллических, слюдистых, амфиболовых и хлоритовых сланцев. Верхнюю часть толщи слагают филлиты. Породы рассланцованы и смяты в крупные складки. Они относятся к инженерно-геологической группе скальных пород, но в выветрелой зоне обладают резко пониженной прочностью. Временное сопротивление сжатию составляет $6 \cdot 10^7$—$7 \cdot 10^7$ н/м^2, а в сильно выветрелой зоне $5 \cdot 10^5$ н/м^2. Породы обводнены по трещинам в понижениях рельефа до глубины 50—70 м, на водоразделах безводны. Водопритоки значительны лишь в зонах тектонических нарушений.

Породы *вулканогенно-осадочной формации* верхнемелового и палеоген-неогенового возраста распространены в южной и северной частях Срединного хребта, на Восточом хребте и в Корякском нагорье. Они представлены комплексом кремнистых и кремнисто-глинистых сланцев, туфов и туфоконгломератов, порфиритов, реже песчаников, алевролитов и относятся к инженерно-геологической группе полускальных и скальных глинисто-обломочных вулканогенных пород. Преобладают кремнистые сланцы. Породы сложены в крутые, опрокинутые и асимметричные складки. В них часто прослеживаются зоны разломов протяженностью в несколько десятков километров.

Допускаемое давление на слабо выветрелые кремнистые сланцы равно 10^6—$3 \cdot 10^6$ н/м^2. Подземные воды трещинные, безнапорные, приурочены к зоне открытой трещиноватости, залегают на глубинах от 2 до 90 м. Коэффициент фильтрации кремнистых сланцев колеблется от 0,25 до 40 м/сут. Наиболее трещиноваты эффузивы. Подземные воды обладают общекислотной агрессивностью. С породами данной формации связаны обвалы, осыпи и эрозия.

Породы *интрузивной формации* приурочены к осевым частям антиклинальных структур и к зонам крупных тектонических нарушений. Представлены они комплексом диоритов, гранодиоритов, гранитов, реже габбро и пироксенитов. Последние средне-, мелко- и крупнозернистые, порфировидные относятся к инженерно-геологической группе скальных пород. Отложения трещиноваты. Предел прочности при сжа-

тии составляет 10^8—$1{,}6 \cdot 10^8$ н/м^2. Допускаемое давление на породы превышает $2 \cdot 10^6$ н/м^2. Породы обводнены в понижениях рельефа на глубину до 100 м, на водоразделах сдренированы. Подземные воды обладают гидрокарбонатной или общекислотной агрессивностью. С породами данной формации связаны обвалы и осыпи, а также снежные лавины.

Инженерно-геологические условия региона определяются резко расчлененным средне- и высокогорным рельефом, преимущественным развитием альпийских и альпинотипных форм рельефа, почти повсеместным распространением дочетвертичных пород вулканогенно-осадочной, флишевой и молассовой формаций.

Освоение территории осложняется рельефными условиями, широким развитием обвально-осыпных и эрозионных процессов и наледей по долинам рек и возможностью возникновения в зимний период снежных лавин и обвалов.

Регион 69. Зона вулканических излияний Камчатки. Регион представляет собой наложенный вулканический пояс, который расположен в средней и юго-восточной частях Камчатки. Он прослеживается на 450 км (при ширине до 75 км) в центральной и на 700 км (при ширине 50—75 км) в юго-восточной частях его.

В пределах региона выделяются две геоморфологические области: Срединное вулканическое нагорье и Восточное вулканическое нагорье.

Область Срединного вулканического нагорья (Срединный вулканический пояс) представляет собой вытянутую вдоль главного водораздела цепь слившихся своими основаниями стратовулканов, абсолютные высоты которых превышают 2200 м, а понижения между ними находятся на отметке 1000—1200 м. К востоку и западу от этой цепи простирается вулканическое плато, спускающееся от 1300 до 200 м. Вершина самого высокого вулкана имеет абсолютную отметку 3621 м (сопка Ичинская). В Срединном хребте существует один действующий вулкан. Область относится к зоне активных землетрясений силой до 7 баллов. Землетрясения способствуют активизации обвалов и снежных лавин.

На высотах более 1000 м, реже на 600—800 м отмечены острова многолетнемерзлых пород, для которых характерны термокарст, бугры пучения и наледи. Интенсивно развиты эрозионные процессы.

Область Восточного вулканического нагорья (Восточный вулканический пояс) представляет собой возвышенное плато, на котором размещаются стратовулкаиы. Абсолютные отметки их вершин изменяются от 400 до 1100 м. Поверхность области равнинная или слабоволнистая с относительным превышением холмов до 5—100 м и более. Высота вулканов колеблется от 892 до 4850 м, чаще 1500— 2000 м. Они располагаются рядами северо-восточного и северо-западного направления. Форма вулканов конусная или куполовидная. Вершины острые, скалистые, изобилуют обрывами. Склоны радиально изрезаны барранкосами глубиной до 100 м и покрыты осыпями. На территории области насчитывается 27 действующих вулканов. Крупным извержениям часто сопутствуют мощные грязевые и водные потоки, возникающие в результате таяния снега и ледников. Радиус влияния грязе-каменных потоков определяется от 30 до 90 км. Лавовые потоки имеют длину до 5—6 км, температура лавы 1100—1200°, скорость потока не превышает 1 км/сут. Сила землетрясений в области оценивается в 8—9 баллов. Землетрясения способствуют развитию обвалов и снежных лавин на склонах вулканов (Ключевской, Опала, Срединный хребет и др.). На высотах более 1000 м наблюдаются острова многолетней мерзлоты в рыхлых четвертичных отложениях с развитием в их пределах термо-

карста, наледей и бугров пучения. На отдельных участках происходит перевевание песков (западный склон Ключевской группы вулканов). Реки производят интенсивную боковую эрозию, особенно после вулканических извержений. За год глубинный врез рек на таких участках местами достигает 5—6 и даже 60 м.

В пределах региона наиболее широко развиты вулканогенные формации. Четвертичные отложения моренного, флювиогляциального и аллювиального генезиса имеют ограниченное развитие.

Породы *вулканогенной формации* представлены комплексом базальтов, андезито-базальтов, андезитов, липаритов, дацитов и сцементированных туфов мощностью от 100—200 м до 2,5 тыс. м. Преобладают основные эффузивы. Комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе скальных пород. Эффузивы разбиты трещинами шириной от волосных до 1,5, преобладают вертикальные и крутопадающие трещины. Для кислых эффузивов характерны горизонтальные и наклонные (до 30°) трещины.

Предел прочности при сжатии эффузивов изменяется от $5 \cdot 10^7$—$8 \cdot 10^7$ н/м^2 в водонасыщенном состоянии до $1{,}6 \cdot 10^8$ н/м^2 в сухом. Комплекс эффузивов обладает высокой водообильностью, о чем свидетельствуют многочисленные родники с дебитами от 1 до 4000 л/с. Глубина залегания подземных вод превышает 10 м. На меньших глубинах подземные воды встречены только у подножий вулканических сооружений. Туфогенные разности пород, особенно в водонасыщенном состоянии, обладают несколько меньшим пределом прочности. Подземные воды, заключенные в породах данного комплекса, обладают карбонатной или общекислотной агрессивностью.

Комплекс четвертичных вулканогенных образований представлен грубообломочными пирокластическими связными и песчаными отложениями, широко распространенными в районах действующих вулканов. Породы состоят из галечно-валунно-глыбового материала с песчаным, супесчаным и суглинистым заполнителем, а также супесей, песков с галькой, гравием и валунами общей мощностью до 50—100, реже 220 м. Угол естественного откоса песчаных разностей 37—38°, под водой —32°, супесей 37—40°. Допускаемое давление на сухие пески, равно $2{,}5 \cdot 10^5$—$3{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2, на крупнообломочные разности составляет $4 \cdot 10^5$—$6 \cdot 10^5$ н/м^2.

В пирокластических отложениях заключены как безнапорные, так и напорные воды. В верхних и средних частях склонов грубообломочная пирокластика обводнена спорадически. Глубина залегания подземных вод колеблется от 0,5—2 (у подножия вулканов) по 20—40 м (по их склонам). Коэффициенты фильтрации варьируют от 0,01 до 18 м/сут. На отдельных незначительных площадях развития газо-гидротермально измененных пород воды обладают гидрокарбонатной, иногда общекислотной агрессивностью.

Инженерно-геологические условия региона определяются своеобразным рельефом, при котором сочетаются в различной степени расчлененные возвышенные плато с одиночными и групповыми вулканами. Освоение территории осложняется существованием действующих вулканов и широким развитием обвально-осыпных процессов, снежных лавин, эрозии, вулканических грязе-каменных потоков, наличием многолетнемерзлых пород и развитием термокарста, бугров пучения и наледей. Регион является сейсмоактивным. Сила землетрясений достигает 9 баллов.

Регион 70. Центрально-Камчатский прогиб. Регион представляет собой крупную синклинальную структуру, осложненную в краевых частях

значительными сбросами. Центрально-Камчатский прогиб входит в область интенсивного опускания, продолжающегося в настоящее время

В пределах региона выделяются три геоморфологические области. Центрально-Камчатская межгорная низменность, Хавывенская межгорная аккумулятивно-денудационная равнина и Карагинская аккумулятивная равнина

В юго-западной части региона расположена область Центрально-Камчатской межгорной плоскоувалистой озерно-аллювиальной низменности Это водно-ледниковая аккумуляция, образовавшая обширную равнину. На периферии депрессии преобладают высоты 100—200 м. Между Ключевской группой вулканов и вулканом Шивелич располагается плоская озерно-аллювиальная, сильно заболоченная низменность с отметками около 50 м. Глубина вреза долин всего лишь несколько метров. Развито заболачивание, пучение и наледи. Севернее вулкана Шивелич размещается Хавывенская межгорная увалисто-холмистая аккумулятивно-денудационная равнина, несколько приподнятая над общей поверхностью прогиба с отметками поверхности 300—417 м Выходы дочетвертичных молассовых и флишевых пород имеют сглаженные очертания в виде куполов Развиты эрозия, наледи, пучение и осыпи

Вдоль пролива Литке к северо-востоку полосой тянется Карагинская предгорная всхолмленная аккумулятивная равнина с отметками не более 100 м и до 200—450 м в предгорьях. Плоские заболоченные участки сложены флювиогляциальными или морскими отложениями, крутизна склонов 5—40°, обычно 10—20°.

Многолетнемерзлые породы обнаружены в центральном Камчатском прогибе на глубинах от 0,5 до 4,5 м на протяжении до 0,5 км По побережью пролива Литке мощность многолетнемерзлых пород достигает 31 км. На указанных площадях наблюдаются мерзлотные бугры и термокарстовые воронки. Глубина сезонного промерзания составляет 1,2—1,4 м, на оголенной поверхности до 2 м. Промерзание происходит с конца октября — ноября, а оттаивание с апреля по август. В районе залива Уала многолетнемерзлые породы достигают 25—31 м и имеют площадное распространение. Подземные воды залегают близко к поверхности Землетрясения оцениваются в 6—7 баллов.

Наиболее широко распространены в регионе четвертичные отложения, которые сформировались в условиях межгорной и предгорной впадин В основании залегает озерный нижнечетвертичный комплекс суглинков, супесей, тонкозернистых песков с редкими линзами гравия, гальки и торфяников мощностью от 0,1 до 2,2 м. Общая мощность отложений около 80 м. Породы обводнены, подземные воды обладают гидрокарбонатной агрессивностью Озерные отложения перекрыты *аллювиальными* среднечетвертичными мощностью до 40 м и представлены комплексом мелкозернистых песков и крупнозернистых песков с галечником Нередко на этом аллювии залегают ледниковые валунно-галечниковые супеси и суглинки с линзами песков и супесей. Отложения обводнены, подземные воды залегают близко к поверхности, обладают гидрокарбонатной агрессивностью.

Ледниково-моренные отложения в свою очередь перекрываются верхнечетвертичными аллювиальными образованиями высоких цокольных террас р Камчатки, представленных комплексом галечников, песков, супесей, суглинков и торфов мощностью от 7 до 16 м Отложения высоких террас перекрыты флювиогляциальными или моренными образованиями верхнечетвертичного оледенения.

Морена мощностью до 60 м состоит из супесей и суглинков с валунами, галькой и гравием, с линзами и прослоями песков. Подземные

воды имеют в них спорадическое распространение и обладают гидрокарбонатной агрессивностью.

Флювиогляциальные отложения в предгорной части сложены комплексом валунов, галечников и песков с четкой слоистостью. Ближе к р. Камчатке они становятся более однородными и менее крупными, встречаются прослои суглинков и супесей. На площади, тяготеющей к Ключевской группе вулканов, к флювиогляциальным отложениям примешивается значительное количество вулканического пепла. Мощность флювиогляциальных пород составляет 20—30 м. Подземные воды залегают на глубинах 3—5 м, обладают гидрокарбонатной агрессивностью. Послеледниковые отложения представлены аллювием р. Камчатки и ее притоков, состоящим из переслаивания галечников, песков, супесей и реже суглинков.

В верхней части разреза четвертичных отложений, выполняющих Центральную Камчатскую депрессию, преобладает крупнообломочный материал, перекрываемый с поверхности супесчаными отложениями. В заболоченной части депрессии, находящейся между Ключевской группой вулканов и вулканом Шивелуч, залегают современные *озерно-аллювиальные* отложения, состоящие из комплекса разнозернистых песков, иловатых супесей, суглинков и реже глин. Пески часто находятся в плывунном состоянии. Супеси — от легких до тяжелых, иногда иловатые. Суглинки легкие, пылеватые, плотные. Глины плотные залегают в виде линз и прослоев. Преобладающая мощность пород колеблется от 6—20 до 40 м. Угол естественного откоса сухих озерно-аллювиальных песков равен 35—45°, под водой 25—35°, галечников 45—55°. Допускаемое давление на сухие пески, супеси и суглинки в твердом состоянии варьирует от $2 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^5$ н/м^2, на насыщенные водой пески и супеси $1{,}5 \cdot 10^5$—$2{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2, на пластичные суглинки 10^5—$2{,}5 \cdot 10^5$ н/м^2, на пески, супеси и суглинки гравелисто-галечниковые $3{,}5 \cdot 10^5$—$4{,}5 \times 10^5$ н/м^2, галечники с валунами $5 \cdot 10^5$—$6 \cdot 10^5$ н/м^2.

На остальной части региона, севернее вулкана Шивелуч и вдоль побережья пролива Литке, преимущественным распространением пользуются моренные, флювиогляциальные, реже современные, аллювиальные, морские и болотные отложения.

Морские образования, слагающие косы и низкие террасы, представлены комплексом рыхлых, слоистых, песчано-гравийных и гравийно-галечных отложений мощностью до 25 м. В глубоко вдающихся бухтах преобладают пылеватые пески, иногда иловатые или гравелистые с линзами галечника, местами перекрытые торфяниками мощностью до 6 м. Отложения обводнены.

Дочетвертичные отложения представлены породами флишевой и молассовой формаций.

Породы *молассовой формации* нижне-среднего миоцена и верхнего плиоцена представлены комплексом полимиктовых песчаников, конгломератов, аргиллитов, алевролитов и туфов с линзами углей. Подземные воды носят трещинно-пластовый и трещинно-жильный характер и вскрываются на глубинах от 10 до 33 м. Воды местами имеют напор от 10 до 27 м, что связано с наличием в кровле многолетнемерзлых пород или водоупорных суглинков. Воды обладают гидрокарбонатной агрессивностью. Развиты осыпи.

Породы *флишевой формации* палеоген-неогенового возраста на побережье пролива Литке представлены комплексом флишоидных алевролитов и аргиллитов, содержащих мергелистые конкреции и слои песчаников. Отложения, собранные в линейные складки, разбитые разломами и прорванные дайками и мелкими интрузиями дацитов, относятся к инженерно-геологической группе полускальных глинистых с обломоч-

ными пород Породы практически водоупорны Развиты осыпи, выветривание, сели.

Инженерно-геологические условия региона определяются равнинным рельефом, неглубоким эрозионным расчленением, широким развитием мощных четвертичных отложений озерно-аллювиального, аллювиального и водно-ледникового генезиса.

Освоение территории осложняется близким залеганием подземных вод, развитием линз многолетнемерзлых пород и связанных с ними термокарстовых явлений и бугров пучения Сейсмичность региона оценивается в 6—7 баллов.

Регион 71. Складчатая зона Сахалина. Регион Сахалина представляет собой кайнозойское складчатое сооружение, основными структурами которого являются Восточно-Сахалинский и Западно-Сахалинский антиклинорий с располагающимися между ними Центрально-Сахалинским синклинорием. В ядре Восточно-Сахалинского антиклинория обнажаются метаморфические породы, которые несогласно перекрываются меловыми и третичными образованиями.

В геоморфологическом отношении Сахалин делится на Северо-Сахалинскую равнину, Западные и Восточные хребты Центрального и Южного Сахалина и горы п-ова Шмидт, Тымь-Поронайскую и Сусунайскую низменности Центрального и Южного Сахалина.

Область Северо-Сахалинской равнины является территорией преимущественно слабых новейших поднятий, в тектоническом отношении она соответствует Северо-Сахалинской наложенной впадине. Вдоль морских побережий развиты четвертичные депрессии. Область сложена преимущественно молассовыми отложениями. Развито заболачивание

Область Западные и Восточные хребты Центрального и Южного Сахалина и горы п-ова Шмидта включают. Сусунайский и Тонино-Анивский хребты и Таулан-Армуданскую гряду. Область характеризуется горным сильно расчлененным, преимущественно эрозионным рельефом. Межгорные и внутригорные депрессии имеют холмисто-увалистый денудационно-эрозионный рельеф. Область сложена метаморфическими, вулканогенно-кремнисто-терригенными, вулканогенными и интрузивными породами Восточно-Сахалинские и Западно-Сахалинские горы, а также хребты п-ова Шмидта и Тонино-Анивский сложены терригенными, вулканогенно-осадочными и молассовыми отложениями Развиты эрозионные процессы, осыпи и обвалы.

Область Тымь-Поронайской и Сусунайской низменностей Центрального и Южного Сахалина расположена в пределах Поронайской и Сусунайской низменности и предгорий Сахалинских гор. Она характеризуется плоским, местами пологоволнистым аккумулятивным низменным рельефом.

Предгорья, испытывающие слабые поднятия, имеют холмисто-увалистый расчлененный денудационно-эрозионный рельеф. Область сложена в основном четвертичными породами и молассами. В регионе развиты четвертичные отложения морского, болотного аллювиально-пролювиального и аллювиального генезиса.

Аллювиальные отложения представлены комплексом песков с включением гравия и гальки, местами перекрытых суглинками и глинами. Мощность комплекса колеблется от 6—10 до 50—65 м, преобладает 6—20 м. Глубина сезонного промерзания пород составляет 15 м.

Породы обводнены в долинах рек с глубины 0,1—3 м, на водоразделах с глубины 30—60 м. Воды ультрапресные, в основном безнапор-

ные, обладают выщелачивающей и общекислотной агрессивностью. Развито заболачивание, наледи, пучение и термокарст.

Аллювиально-пролювиальные отложения распространены в пределах межгорных депрессий Поронайской, Сусунайской и др. Они представлены комплексом плохо отсортированных галечников с песчано-гравийным, дресвяным или суглинистым заполнителем, а также гравелистыми песками с галькой и щебнем.

Породы комплекса обводнены с глубины от 0,5—1 до 20 м. Воды грунтовые, поровые, местами напорные, обладают выщелачивающей и общекислотной агрессивностью. Породы комплекса подвергаются размыву на речных берегах.

Комплекс болотных отложений распространен в Поронайской и Сусунайской депрессиях на болотных участках. Торф обладает сжимаемостью до 50—70%, в стенках выработок неустойчив и оплывает. На юге Поронайской депрессии торф мерзлый с глубины 0,5—1 м. Мерзлота — многолетняя, островная, сопровождается развитием пучения и течением грунтов с образованием бугров пучения высотой до 0,3—1,5 м. С поверхности торфяники повсеместно заболочены. Мощность многолетнемерзлых пород обычно 1—3,5 м, иногда до 5—7 м. Торф в Северо-Сахалинской равнине местами представлен илами. Илы вязкие, текучие, образуют прослои и линзы мощностью 0,05—0,15 м Торф обводнен с глубины 0,1—0,8 м. Вода типа верховодки ультрапресная, обладает вышелачивающей и общекислотной агрессивностью. Развиты заболачивание и пучение.

Морские отложения распространены в прибрежной полосе Северо-Сахалинской равнины и особенно широко вдоль побережья Татарского пролива Почти повсеместно морской комплекс пород перекрыт болотными образованиями Он представлен песками от пылеватых до гравелистых мощностью до 0,5—1 м. Пески неоднородные, рыхлые, ниже уровня грунтовых вод обладают плывунными свойствами. Пески водоносны с глубины 0,5—6 м, местами с 12 м. Воды обычно безнапорные, по качеству ультрапресные, обладают общекислотной агрессивностью.

Озерно-аллювиальные отложения распространены в Поронайской и Сусунайской депрессиях, где залегают преимущественно под болотными образованиями. Комплекс пород сложен суглинками и глинами с включением гальки и гравия с маломощными прослоями супесей и песков. Мощность комплекса 3—10 м. Развито заболачивание, наледи и пучение

Породы молассовой формации плиоценового возраста представлены комплексом прибрежно-морских и континентальных песков, содержащих внизу прослои и линзы глин и песчаников, относящихся к инженерно-геологической группе песчаных пород с полускальными и пластичными. Пески кварцевые и кварц-полевошпатовые, преобладают пылеватые, мелкие и средней крупности, местами глинистые с включениями гальки и гравия Песчаники с глинисто-серицитовым цементом некрепкие, при выветривании превращаются в песок. Предел прочности на сжатие в сухом состоянии равен 10^7—$2 \cdot 10^7$ н/м^2, реже встречаются песчаники с карбонатным цементом, крепкие до 10^8 н/м^2 и устойчивые к выветриванию. Подземные воды залегают на глубинах 5—10 м, обладают гидрокарбонатной агрессивностью. Развито пучение и выветривание.

Породы терригенной формации верхнего мела представлены комплексом алевролитов и аргиллитов с прослоями песчаников, количество которых возрастает в средней и верхней частях разреза. Подземные воды связаны с верхнетрещиноватой зоной. Толща практически безводна. Развиты осыпи и селн.

Породы флишоидной формации представлены комплексами флишоидных пород палеогенового, миоценового, верхнемелового и неогенового возраста.

Комплекс флишоидных пород палеогенового возраста распространен в пределах Западно-Сахалинских гор и представлен толщей алевролитов, аргиллитов и в средней и нижней частях — конгломератов. Породы относятся к скальным и полускальным. Временное сопротивление сжатию скальных пород $2 \cdot 10^7$—$5 \cdot 10^7$ н/м^2. Породы дислоцированы, смяты в складки, осложнены многочисленными сбросами и трещинами, обводнены с глубины от 1—2 м в долинах рек до нескольких десятков метров на водоразделах. Подземные воды трещинные, безнапорные, в зонах нарушений трещинно-жильные напорные. Воды ультрапресные обладают выщелачивающей и общекислотной агрессивностью. Развиты осыпи, сели, возможны оползни.

Комплексы флишоидных пород миоценового возраста распространены в пределах Северо-Сахалинской равнины. Первый состоит из тонких прослоев песчаников, алевролитов, песков, глин с линзами галечников и конгломератов, с редкими прослоями бурого угля мощностью 0,15—1,5 м, а второй — из глин с линзами галечников и конгломератов с редкими прослоями угля мощностью 0,10—15 м. Отложения обводнены с глубины от 1—5 м в долинах рек, до нескольких десятков метров на водоразделах. Воды грунтовые поровые, трещинные имеют гидрокарбонатный состав и обладают выщелачивающей и общекислотной агрессивностью.

Породы подвергаются подмыву и обрушению на берегах рек особенно интенсивно во время паводков со скоростью отседания берега до 0,2—1 м в год, а также оползанию по поверхности глинистых пластов при подрезании склонов.

Породы метаморфической формации нижне-среднепалеозойского возраста распространены в пределах Восточно-Сахалинских гор и Сусунайского хребта. Они представлены комплексом переслаивающихся пачек сланцев, также графито-серицито-кварцевых, хлорито-серицитовых, серицито-кварцево-хлоритовых и в меньшей мере графитистых сланцев. Породы относятся к инженерно-геологической группе скальных, однако интенсивно метаморфизованы, дислоцированы и смяты в узкие крутые (50—80°) линейные складки, часто опрокинутые. Широко развит кливаж. Наблюдается большое количество разрывных нарушений типа сбросов и надвигов, обычно сопровождающихся зонами брекчий и глинкой трения. С поверхности до глубины 80—90 м породы подвержены выветриванию, трещиноваты.

В породах заключены пресные грунтовые, трещинные воды, глубина залегания которых изменяется от нескольких метров на водоразделах до 70—80 м в долинах. Воды, как правило, безнапорные. По составу они гидрокарбонатные с выщелачивающей и общекислотной агрессивностью.

Породы вулканогенно-осадочной формации палеозойского и мезозойского возраста распространены в пределах Восточно-Сахалинских гор и на Тонино-Анивском полуострове. Комплекс представлен переслаиванием глинистых и кремнисто-глинистых сланцев, порфиритов, туфогенных песчаников, реже спилитов и туфов с линзами известняков. В верхней части разреза наблюдается чередование пачек песчаников, содержащих прослои алевролитов и глинистых сланцев и песчаников. В подчиненном количестве присутствуют прослои яшм, гравелитов и линзы известняков. Комплекс пород относится к инженерно-геологической группе скальных с полускальными. Породы слабо метаморфизованы, смяты в узкие крутые линейные, местами изоклинальные и опроки-

нутые, складки, осложненные многочисленными разрывными нарушениями, интенсивно трещиноваты в приповерхностной зоне выветривания, нередко раздроблены до щебня. Отложения водоносны с глубины от 1—10 м в долинах рек до 50—70 м на водоразделах. Воды грунтовые, трещинные, безнапорные, обладают выщелачивающей и общекислотной агрессивностью. К линзам известняков приурочены воды трещинно-карстового типа. Развито выветривание и осыпи.

Комплекс верхнего мела и неогена представлен переслаиванием туфогенных песчаников, туффитов, туфов, туфоконгломератов и туфобрекчий с прослоями андезитов, базальтов и алевролитов Мощность отложений колеблется от 300 до 1000 м. Они характеризуются крупноглыбовой плитчато-глыбовой, реже плитчатой отдельностью с трещиноватостью до глубины 2—5 м вблизи разрывных нарушений. В зонах тектонических нарушений присутствуют натриевые трещинно-жильные воды. Современные геологические явления связаны с подмывом морских и речных берегов, которые отседают до 0,3 м в год. На участках распространения известняков развит карст. Встречаются пещеры и карстовые воронки диаметром от 1—10 до 100 м и глубиной до 5м.

Породы вулканогенной формации плиоценового возраста распространены в пределах Западно-Сахалинских гор, где они развиты на сильно расчлененном плато Ламанин, а также на п-ове Шмидта. Они представлены комплексом преимущественно базальтов и андезито-базальтов, мелкокристаллических, плотных, чередующихся с пористыми и пористо-ноздреватыми разностями туфов, туфобрекчий и локально развитых линзовидных прослоев песчаников. Общая мощность комплекса колеблется от 80 до 300 м Породы залегают почти горизонтально, со слабым наклоном на запад и характеризуются глыбовой и столбчатой отдельностью. Отложения водоносны с глубины от 1—2 м в долинах до 30—40 м на водоразделах Воды грунтовые, трещинные Сильно расчлененные краевые участки плато практически безводны По качеству грунтовые воды пресные, неагрессивные. Породы комплекса крепкие, массивные, устойчивые к выветриванию.

Породы интрузивной формации от верхнемелового до плиоцен-четвертичного возраста представлены комплексами образований различного состава: кислыми, щелочными, основными и ультраосновными. Преобладают граниты, гранодиориты, долериты, габбро-пироксениты, перидотиты, серпентиниты, реже гранит-порфиры, сиениты, дайки базальтов, андезитов и др.

Интрузивные породы образуют лакколиты, штоки, дайки, жилы, с поверхности они интенсивно трещиноваты, а на глубине 2—3 м нередко превращены в дресву и щебень. Наиболее трещиноваты ультраосновные породы. В верхней трещиноватой зоне заключены грунтовые трещинные воды, залегающие на глубине от 2—5 м в долинах до 20 м на склонах водоразделов. Воды ультрапресные, обладают выщелачивающей и общекислотной агрессивностью. Малые по размеру интрузии, как правило, практически безводны. Водопритоки в штольни, заложенные в нижних частях склонов, при вскрытии водоносных пород составляют 5—10 л/с.

Инженерно-геологические условия складчатой зоны Сахалина определяются равнинным рельефом в северной части и горным в южной. Преобладают скальные породы с полускальными. Они принадлежат к интрузивной, метаморфической, вулканогенной, терригенной, флишевой и молассовой формациям; легко поддающихся выветриванию. В низменной части породы заболочены, заторфованы, а на участках развития мерзлых пород наблюдаются пучения и наледи.

Регион 72. Краевой Охотско-Чукотский и Приморский вулканические поясы. Характерным для данного региона является формирование мощных покровов эффузивов и туфов на эродированной поверхности дислоцированных осадочных и метаморфических толщ домелового возраста в мезо-кайнозойское время. Вдоль разрывных нарушений происходили излияния эффузивов и поднятия разной амплитуды. Колебательные движения продолжались в неогене и в четвертичном периоде.

В геоморфологическом отношении регион является областью лавовых плоскогорий и эрозионно-денудационных гор. Лавовые плоскогорья, располагающиеся на высоте от 800 до 1800 м, слабо расчленены эрозией. Наибольшая расчлененность плоскогорий наблюдается в западной части региона. Среднегорный рельеф развит на песчаниках, сланцах пермского и среднеюрского возраста с абсолютными отметками поверхности от 500 до 1300 м. К интрузивным массивам, прорывающим указанную толщу, приурочен обычно высокогорный, глубоко расчлененный рельеф с отметками 1700—1800 м. Низкогорный, слабо расчлененный рельеф связан с молассовыми отложениями и имеет отметки 300—400 м. Холмисто-равнинный рельеф не образует единого целого. Это разрозненные участки, располагающиеся на различных гипсометрических уровнях. Значительная часть равнинно-холмистого и равнинного рельефа приурочена к межгорным впадинам, днищам широких долин и предгорий. Широко развиты в регионе осыпи, обвалы, наледи (от мелких до гигантских), термокарст, пучение, заболачивание и снежные лавины.

Четвертичные отложения региона сформировались в условиях межгорных впадин и горного оледенения.

Озерные и флювиогляциальные отложения развиты в районе Магадана во впадинах. Сложены они комплексом из переслаивания галечников, суглинков, супесей, глин и песков общей мощностью до 80—100 м. Супеси, суглинки и пески обычно пылеватые. Крупнообломочный материал характеризуется сильной выветрелостью, поэтому расчетное сопротивление снижается до $2{,}5 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^5$ н/м^2. Пылеватые суглинки, супеси и пески характеризуются невысокой несущей способностью. В многолетнемерзлом состоянии породы встречаются спорадически. Подземные воды приурочены к песчаным разностям, залегающим в виде линз и карманов среди суглинков и глин. Обводнены отложения с глубины 4—5 м и ниже. Воды ненапорные и слабо напорные. Бо́льшая часть строений Магадана (из 4—6 этажей) размещается на охарактеризованных отложениях. Строительство осуществляется при условии оттаивания мерзлых грунтов в основании фундамента с применением камуфлетных свай.

Ледниковые и флювиогляциальные отложения широко распространены в регионе на площадях межгорных впадин побережий, где мощность их достигает 40—60 м. Они представлены комплексом супесей, песков, глин, суглинков с гравием, галькой, щебнем и валунами. Сортировка слабая. В комплексе содержится около 60% крупнообломочного материала. Комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе глинистых, песчаных с крупнообломочными пород. Отложения повсеместно промерзлые, за исключением участков речных долин, где возможны замкнутые и сквозные талики. На этих участках отложения комплекса перекрыты аллювием. Первый от поверхности водоносный горизонт приурочен к сезонно-талому слою мощностью до 1,5 м. Подземные воды обладают общекислотной агрессивностью. Широко развит термокарст, повсеместно заболачивание и пучение.

Морские отложения верхнечетвертичного возраста развиты на ограниченных участках вдоль западной части Охотского побережья. Они

слагают морские террасы высотой от 15 до 40 м. Отложения представлены комплексом хорошо окатанных галечников, сортированных песков и супесей и относятся к инженерно-геологической группе песчаных с крупнообломочными. Комплекс вмещает крупные линзы льда (солоноватого).

Аллювиальные отложения пользуются широким распространением в долинах рек и межгорных впадинах, слагая современные широкие поймы рек Они представлены комплексом песчано-гравийно-галечных пород, разнозернистых слоистых песков и супесей. Характерно отсутствие валунов и крупной гальки и хорошая окатанность гравия и гальки. Мощность отложений 20—25 м и более. К ним приурочены таликовые зоны, отложения обводнены повсеместно. Водообильность пород высокая Подземные воды залегают на глубинах до 5 м и обладают общекислотной агрессивностью.

Современные морские отложения имеют ограниченное распространение. Они слагают морские косы и террасы высотой до 4 м и представлены комплексом мало сортированных гравийно-галечниковых песков, иловатых и уплотненных, мощностью не менее 10—20 м. В верхней части морские отложения промерзлы. Многолетняя мерзлота встречена на глубинах около 20 м (на 15 м ниже уровня моря). Подземные воды спорадического распространения встречаются в пределах сезонно-талого слоя и имеют мощность до 3,5—4 м. Они обладают общекислотной, выщелачивающей и углекислотной агрессивностью Фундаменты зданий закладываются в данных отложениях на глубину 1—1,5 м. Деформаций сооружений не наблюдалось

На Охотском побережье освоение территории осложняется наличием многолетнемерзлых пород и широким распространением неглубоко залегающих подземных вод, обладающих агрессивностью особенно при наличии гидрогеологической связи их с морскими водами.

Ледниковые отложения верхнечетвертичного возраста, отложившиеся в результате горного оледенения, развиты широко. Они представлены комплексом несортированного галечно-щебенисто-валунного материала с грубозернистыми дресвянистыми песками. Мощность ледниковых отложений достигает 100 м и более. Подземные воды залегают на глубинах от 5 до 15 м и обладают общекислотной агрессивностью. Повсеместно развит термокарст, в долинах — наледи.

Современные аллювиальные отложения развиты в долинах наиболее крупных рек, представлены гравийно-галечниковыми породами мощностью до 10 м и более и относятся к инженерно-геологической группе песчаных и крупнообломочных пород.

Породы молассовой формации представлены комплексом вулканогенно-осадочных пород мела и комплексом угленосных палеоген-неогеновых пород

Породы первого комплекса характеризуются большим непостоянством как по вертикали, так и по простиранию Сложен комплекс лавами кислого и среднего состава (липариты, андезиты, дациты и др.) и разнообразными туфами, туфопесчаниками, туфоконгломератами, конгломератами, песчано-глинистыми, углисто-глинистыми слаицами с пластами и пропластками углей Общая мощность комплекса превышает 1500 м. Он относится к инженерно-геологической группе полускальных, глинистых и обломочных пород.

Породы комплекса слабо дислоцированы, разбиты тектоническими нарушениями, по крепости разнообразны: от довольно мягких (сланцы, аргиллиты и т. п) до крепких (липариты и т п.).

В пределах покровных образований широко развиты солифлюкция, заболачивание и пучение Второй комплекс молассовых отложений, от-

носящихся к инженерно-геологической группе полускальных глинисто-обломочных с углистыми пород, представлен разнозернистыми песками, конгломератами, алевролитами и глинами с пластами и линзами бурого угля. Общая мощность отложений составляет 700—800 м. Они заполняют межгорные впадины Породы дислоцированы в пологие складки Мелкозернистые пылеватые пески в обводненном состоянии могут быть плывунами Глинистые разности пород по гранулометрическому составу представлены средними и тяжелыми суглинками, всегда пылеватыми Естественная влажность их составляет 14—24%, число пластичности 3,9—7,5 Мерзлые глинистые разности при оттаивании приобретают не редко консистенцию, близкую к текучей В верхней части породы промерзлены (от нескольких метров до 200 м). Широко развиты оползни и солифлюкция

Породы верхнетерригенной формации включают отложения от нижней перми до средней юры включительно Они представлены двумя комплексами конгломерато-песчанико-сланцевым пермского возраста и туффогенно-осадочным верхнетриасово среднеюрского возраста. Распространены эти комплексы в западной (охотской) части региона

Породы первого комплекса дислоцированы, прорваны многочисленными интрузиями и подвергнуты контактовому метаморфизму Глубина расчленения региона уменьшается в направлении к верховьям рек. Крутизна склонов 40—50°. Ледниковые формы рельефа (карры, цирки) сохранились слабо, так как разрушены эрозией Широко развиты солифлюкция, осыпи и наледные явления, возможны снежные лавины в пределах охотского склона. Второй комплекс распространен в регионе более широко Он представлен песчаниками (преобладают) андезито-дацитами, туффитами и т. п Общая мощность толщи осадочных пород достигает 4000—6000 м Они сложно дислоцированы в антиклинальные и синклинальные складки Углы падения составляют 30—60° и до 70° Породы прорваны многочисленными интрузиями и разбиты тектоническими нарушениями Развиты осыпи, солифлюкция, наледи и снежные лавины.

Породы метаморфической формации распространены на Тангоносском и Чукотском полуостровах и представлены комплексом разнообразных кристаллических сланцев и магматических гнейсов В подчиненном количестве присутствуют маломощные кварциты и мраморы. Перечисленный комплекс отложений относится к инженерно-геологической группе скальных пород, которые сильно дислоцированы, осложнены многочисленными тектоническими нарушениями и трещиноваты. Подземные воды приурочены к сезонно-талому слою и надмерзлотным таликам на склонах гор (в области островного развития многолетнемерзлых пород). Широко развиты осыпи на склонах крутизной 30—40°, солифлюкция, каменные потоки и снежные лавины, приуроченные к днищам карров

Породы вулканогенной формации (от нижнемелового до неогенового возраста) пользуются широким распространением и занимают большую часть территории региона Они представлены комплексом разнообразных эффузивных туфов от кислого до основного состава (липариты, андезиты, дациты, андезито-базальты, трахиты, фельзиты) Основная часть сложена эффузивами и туфами мелового возраста, которые слабо дислоцированы и разбиты многочисленными разрывными нарушениями Ширина зон дробления достигает 10 тыс м и более В целом вулканогенные породы обладают большой механической прочностью Широко развиты осыпи на склонах крутизной 30—40°, а также обвалы, наледи (от мелких до гигантских), солифлюкция (на склонах до 10—15°), курумы, снежники, снежные лавины и абразия

Приморский вулканический пояс, сложенный породами вулканогенной формации, занимает восточную часть региона. Он имеет ширину 50—75 км и состоит из системы сильно расчлененных высотных горных хребтов различного направления с ровными водоразделами и крутыми склонами. Хребты слагаются преимущественно верхнемеловыми, палеогеновыми и неогеновыми отложениями. Последние представлены комплексом кварцевых порфиритов, андезитов, порфиритов, дацитов и туфов, относящихся к инженерно-геологической группе скальных пород.

К комплексу приурочены преимущественно безнапорные воды зоны выветривания и открытой трещиноватости, а также тектонических зон дробления и интрузивных контактов. В целом породы слабо обводнены. С ними связано развитие осыпей, которые местами закреплены.

Породы интрузивной формации — от нижнего мела до палеогена прорывают все осадочные, метаморфические и вулканогенные образования, исключая неогеновые. Они представлены габбро, габбро-диоритами, диоритами и кварцевыми диоритами, а также гранодиоритами, адамелитами и гранитами. Преобладают породы гранодиоритового состава, которые в свежем состоянии плотные с объемной массой 2,69—2,70 кг/м^3 и плотностью 2,72—2,75 кг/м^3. Временное сопротивление пород сжатию в сухом состоянии равно $275 \cdot 10^6$ н/м^2, а в водонасыщенном — $2425 \cdot 10^5$ — 2430^5 н/м^2. В свежем состоянии гранодиориты на поверхности встречаются очень редко. Сильно разрушенные они залегают не только в приповерхностных горизонтах, но и на значительной глубине. В мерзлом состоянии выветрелые гранодиориты представляют собой очень прочную породу. Расчетное сопротивление гранодиоритов превышает $5 \cdot 10^5$—$6 \cdot 10^5$ н/м^2, а выветрелых $1{,}5 \cdot 10^5$—$2 \cdot 10^5$ н/м^2. Широко развиты осыпи, обвалы, каменные потоки (курумы), наледи, снежники, солифлюкция и другие криогенные явления.

Инженерно-геологические условия региона определяются сложным интенсивно расчлененным рельефом, почти повсеместным развитием прочных дочетвертичных эффузивных, терригенных, интрузивных, молассовых пород, преобладанием среди четвертичных отложений крупнообломочных, широким и активным развитием осыпей, наледей, термокарста и снежных лавин, а в долинах и пониженных участках — заболачивания. Сейсмичность оценивается в 4—7 баллов.

Закономерности формирования инженерно-геологических условий территории Тихоокеанских регионов

Закономерности формирования данной территории СССР определили наличие здесь шести выше рассмотренных структурно-геологических регионов, в геологическом строении каждого из которых существенную роль играли процессы магматизма и современного вулканизма. Здесь сформировались вулканогенные, вулканогенно-осадочные, молассовые, флишевые и интрузивные мезо-кайнозойские породы, а также озерные и озерно-аллювиальные четвертичные образования.

Типичным для данной территории является наличие активных новейших вулканических проявлений, происходящих на фоне современных поднятий и локальных опусканий, с развитием вулканического рельефа, выраженного в наличии многочисленных сопок с лавовыми отложениями на склонах и активной эруптивной деятельностью. Лишь территория Пенжино-Анадырского прогиба, западная и центральная части Камчатки, южная часть Сахалина и Курильские острова испытывают преимущественно локальные опускания, происходящие на фоне общего для данной территории поднятия. Не менее типичным является также распространение многолетней мерзлоты в северной части территории. Зна-

чительная вытянутость в меридиональном направлении территории обусловила сочетание здесь области многолетнемерзлых пород с теплыми и холодными водами океанов, развитие здесь континентального климата с различной продолжительностью зимнего периода от 1 до 4-х месяцев в году и низкими положительными температурами воздуха

Сочетание различного рельефа горных пород, наличие моря, активность тектонических движений и своеобразие климатических условий, предопределили распространение разнообразных современных геологических процессов, широко развитых на рассматриваемой территории.

Так, на севере, в Пенжино-Анадырском прогибе, где развита речная сеть и многолетняя мерзлота, преобладают наледи, термокарст, солифлюкция, снежные лавины, обвалы и осыпи. Южнее на Тигильской равнине развит комплекс процессов термокарста, пучения, дюны, развевание и цунами (на побережье)

В зоне вулканических излияний и в Корякско-Камчатской зоне развиты процессы, связанные с распределением многолетнемерзлых пород, а также осыпи, обвалы, снежные лавины, а южнее на Курильских островах преимущественно вулканическая деятельность, абразия и цунами.

Для Большерецкой равнины Камчатки и Поронайско-Сусунайской низменности Сахалина характерно заболачивание, абразия берегов и оползни

Подземные воды характеризуются, как правило, слабой минерализацией, но наряду с пресными наблюдается и значительное локальное распространение минеральных и термальных вод, часто выходящих на дневную поверхность

Характерной чертой рассматриваемой территории является своеобразие инженерно-геологических условий, связанное с тектонической активностью этой зоны преобладающих поднятий, сопровождающихся интенсивной вулканической деятельностью, а также землетрясениями силой до 7—9 баллов и цунами

Типичным для Тихоокеанского пояса является преобладание горного рельефа с относительно выположенными и пониженными участками, а также развитие в северной половине территории многолетнемерзлых пород

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первая попытка обобщения важнейших материалов по инженерно-геологическим условиям на всей территории СССР, изложенная в данном выпуске сводного тома по регионам, позволяет кратко познакомиться с основными особенностями этих условий в любой части страны, где намечено ее хозяйственное освоение.

Текст выпуска сопровождается картами масштаба 1 7 500 000, составленными во ВСЕГИНГЕО и предназначенными к изданию в составе отдельно подготовленного атласа к монографии «Гидрогеология СССР», в которой отражены. районирование и типизация инженерно-геологических условий; распространение, условия развития современных геологических процессов, распространение геолого-генетических комплексов горных пород, слагающих формации

Содержание данного выпуска и приложенных карт позволяет выяснить закономерности формирования инженерно-геологических условий территории нашей страны

Впервые выполненное инженерно-геологическое районирование страны, базирующееся на анализе структурных особенностей территории, позволило установить тесную связь между формированием инже-

нерно-геологических условий отдельных ее частей и с ландшафтно-климатическими особенностями территории.

Формирование инженерно-геологических процессов в платформенной и в горной частях страны проявляются различно. В связи с этим и характер освоения этих регионов неодинаков.

В отношении сейсмической активности в пределах территории нашей страны выделяется ее южная и частично северо-восточная части, где закономерно проявляются землетрясения силой от 5 до 12 баллов.

Важным для оценки инженерно-геологических условий является также климатическая зональность, закономерно распространяющаяся с севера на юг. С ней связаны характер и активность различных современных геологических процессов.

Краткое изложение основных особенностей инженерно-геологических условий по каждому региону и характеристика главнейших черт, отражающих закономерности формирования этих условий в их пределах, отражает пестроту и неоднородность их, подтверждая правильность выполненного районирования и подчеркивая сложность геологического развития отдельных участков земной коры.

Появление этой работы — возможность по любой территории нашей страны получить необходимые, важнейшие сведения об особенностях инженерно-геологических условий, а также прогнозировать их изменения при строительстве и эксплуатации сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Белоусов В. В. Основные вопросы геотектоники. М., Госгеолтехиздат, 1962, 605 с. с ил.

Геологическое строение СССР. Т. 2. Тектоника. Под ред. Т. Н. Спижарского. М., «Недра», 1968, 534 с. с нл.

Геологическое строение СССР. Т. 3. Тектоника. М., Госгеолтехиздат, 1958, 382 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. I. Московская и смежные области. Под ред. Д. С. Соколова. М., «Недра», 1966, 423 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. III. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Под ред. И. К. Зайцева. М., «Недра», 1967, 328 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. IV. Воронежская, Курская, Белгородская, Брянская, Орловская, Липецкая, Тамбовская области. Под ред. Д. С. Соколова. М., «Недра», 1972, 499 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. V. Украинская ССР. Под ред. Ф. А. Руденко М., «Недра», 1971, 614 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. VI. Донбасс. Под ред. Д. И. Щеголева. М., «Недра», 1971, 480 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. VIII. Крым. Под ред. В. Г. Ткачука. М., «Недра», 1970, 364 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. IX. Северный Кавказ. Под ред. Н. А. Григорьева. М., «Недра», 1968, 488 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. X. Грузинская ССР. Под ред. И. М. Буачидзе. М., «Недра», 1970, 404 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XI. Армянская ССР. Под ред. А. А. Тер-Мартиросяна. М., «Недра», 1968, 351 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XII. Азербайджанская ССР. Под ред. Н. В. Роговской. М., «Недра», 1969, 408 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XIII. Поволжье и Прикамье. Под ред. Т. П. Афанасьева. М., «Недра», 1970, 800 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XIV. Урал. Под ред. В. Ф. Прейса. М., «Недра», 1972, 648 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XV. Башкирская ССР. Под ред. Е. А. Зубровой. М., «Недра», 1972, 344 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XVI. Западно-Сибирская равнина. Под ред. В. А. Нуднера. М., «Недра», 1970, 368 с. с нл.

Гидрогеология СССР. Т. XVII. Кемеровская область и Алтайский край Под ред. М. А. Кузнецовой, О. В. Постниковой. М., «Недра», 1972, 399 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XVIII. Красноярский край и Тувинская АССР. Под ред. И. К. Зайцева. М., «Недра», 1972, 479 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XIX. Иркутская область. Под ред. В. Г. Ткачука. М., «Недра», 1968, 495 с. с нл.

Гидрогеология СССР. Т. XX. Якутская АССР. Под ред. А. И. Ефимова, И. К. Зайцева. М., «Недра», 1970, 384 с. с нл.

Гидрогеология СССР. Т. XXI. Читинская область. Под ред. Н. И. Толстихина. М., «Недра», 1969, 444 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XXII. Бурятская ССР. Под ред. А. И. Ефимова. М., «Недра», 1970, 432 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XXIII. Хабаровский край. Под ред. Н. А. Маринова. М., «Недра», 1971, 514 с. с нл.

Гидрогеология СССР. Т. XXIV. Остров Сахалин. Под ред. Е. Г. Чапозского, О. В. Равдоникас. М., «Недра», 1971, 344 с. с ил.

Гидрогеология СССР. XXVI. Северо-Восток СССР. Под ред. О. Н. Толстихина. М., «Недра», 1972, 296 с. с нл.

Гидрогеология СССР. XXVII. Мурманская область и Карельская АССР. Под ред. И. К. Зайцева. М., «Недра», 1971, 295 с. с нл.

Гидрогеология СССР. Т. XXVIII. Нижний Дон и Северо-Восточное Приазовье. Под ред. В. Н. Васильевой. М., «Недра», 1970, 224 с. с нл.

Гидрогеология СССР. Т. XXIX. Камчатка, Курильские и Командорские острова. Под ред. Г. А. Голевой. М., «Недра», 1972, 364 с. с ил

Гидрогеология СССР. Т. XXX. Эстонская ССР. Под ред. Б. Н. Архангельского. М., «Недра», 1966, 302 с.

Гидрогеология СССР. Т. XXXI. Латвийская ССР. Под ред. А. И. Дзенс-Литовского. М., «Недра», 1967, 198 с. с нл.

Гидрогеология СССР. Т. XXXII. Литовская ССР. Под ред. А. Р. Кондратас. М, «Недра», 1969, 375 с. с нл.

Гидрогеология СССР. Т. XXXIII. Северный Казахстан. Под ред. П. М. Фролова. М, «Недра», 1966, 362 с.

Гидрогеология СССР. Т. XXXIV. Карагандинская область. Под ред. И. Е. Фалевича. М., «Недра», 1970, 564 с. с нл.

Гидрогеология СССР. Т. XXXV. Западный Казахстан. Под ред. А. В. Сорникова. М., «Недра», 1971, 522 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XXXVI. Южный Казахстан. Под ред. В. И. Дмитровского. М., «Недра», 1970, 473 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XXXVII. Восточный Казахстан. Под ред. А. П. Кузнецова. М., «Недра», 1971, 308 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XXXVIII. Туркменская ССР. Под ред. Б. Б. Мингарца. М., «Недра», 1972, 565 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XXXIX. Узбекскан СССР. Под ред. Е. А. Мавлянова. М, «Недра», 1971, 472 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XL. Киргизская ССР. Под ред. В. С. Тютюкина. М., «Недра», 1971, 488 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XLI. Таджикская ССР. Под ред. В. С. Самариной. М, «Недра», 1972, 472 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XLII. Коми АССР и Ненецкий национальный округ Архангельской области. Под ред. В. Г. Черного. М., «Недра», 1970, 288 с. с нл.

Гидрогеология СССР. Т. XLIII. Оренбургская область. Под ред. Е. И. Токмачева. М., «Недра», 1972, 272 с. с ил.

Гидрогеология СССР. Т. XLIV. Архангельская и Вологодская области. Под ред. А. А. Маккавеева. М., «Недра», 1969, 300 с. с нл.

Гидрогеология СССР. Т. XLV. Калининградская область РСФСР. Под ред. А. Р. Кондратас. М., «Недра», 1970, 158 с. с ил.

Государственная инженерно-геологическая карта СССР м-ба 1 : 2 500 000. М., «Недра», 1970. Составители объяснительной записки: М. В. Чуринов, И. М. Цыпина, В. П. Лазарева.

Инженерно-геологическая карта м-ба 1 : 2 500 000. Под ред. М. В. Чуринова. Ленинградская картографическая фабрика ВАГТ, 1972.

Грунтоведение. Под ред. Е. М. Сергеева. Изд-во МГУ, 1971, 594 с.

Методические указания по составлению общих обзорных инженерно-геологических карт м-бов 1 : 25 000—1 : 1 500 000. М., Изд. ВСЕГИНГЕО, 1973. Авт.: М. В. Чуринов, И. М. Цыпина, В. П. Лазарева.

Тектоническая карта СССР и сопредельных стран в м-бе 1 : 5 000 000. Объяснительная записка. М., Госгеолтехиздат, 1957, 78 с.

Попов И. В. Инженерная геология СССР. Ч. I, II и III. М., Изд-во МГУ (ч. I, 1961, 177 с.; ч. II, 1965, 476 с.; ч. III, 1969, 385 с.).

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Абакан, река 164
Агапа, река 102, 103
Аджаро-Имеретинские, хребты 217, 223, 227
Аджаро-Имеретинское высокогорье 223
Аджарис-Цхали, река 227
Аджиаур, хребет 218
Аджинаура, низкогорье 218
Азово Приднепровская возвышенность 36
Азово-Причерноморская низменность 39
Ак-Су, река 129
Ак-Тенга, река 144
Актау, горы 133, 150
Актау, хребет 86, 133
Алакуль, озеро 129, 133, 137
Алазань, река 214, 218
Алазани Агрнчайская равнина 217, 218
Алазея, река 199
Алайская впадина 150, 151, 152
Алайский хребет 93, 143, 144, 150
Алатау, город 193
Алдан, река 198
Алданский щит 54, 64
Алданское нагорье 55
Альма, река 81
Алхан-Чуртский канал 80
Аманина, река 240
Амударья, река 87, 88, 144
Амур, река 105, 108, 109, 192, 193, 196, 198
Амуро-Амгуньская равнина 193
Амуро-Зейская впадина 105, 106, 108, 109, 110
Амуро-Зейская равнина 108, 190
Анабарский щит 48, 64
Анабаро-Оленекская низменность 48, 53
Ангара, река 48, 58, 60, 61, 63, 179
Ангаро-Канская впадина 48, 59
Анинск, город 166
Арагви, река 214
Аракс, река 228, 230
Аральское море 90, 115
Аргичинское водохранилище 228
Аркалы, город 135
Армянское вулканическое нагорье 227, 228
Арпа, река 228
Актау, хребет 150
Арыс-Су, река 73
Атбаш, хребет 151
Аумнизатау, котловина 153
Ахча-Кай, впадина 92
Ачалуки, хребет 80
Ащикуль, впадина 89
Аягуз, река 129

Б

Базумский хребет 228
Байдарацкая губа 116
Байкал, озеро 64, 179, 180, 181
Байкальская впадина 182
Байкальский хребет 179
Букантау, котловина 153
Бакурнанские нагорья 225
Балахтинская впадина 163
Балхаш, озеро 129, 130, 136
Балхаш-Акульская впадина 129
Балхаш-Илийская межгорная впадина 136, 138
Баргузинская впадина 179
Баргузинский хребет 180
Баунтовская впадина 179
Белое, море 19
Белое, озеро 19
Бессарабская возвышенность 35
Бетпакдалы, равнина 130
Бизума, река 166
Бикин, река 196
Бирюса, река 57, 170, 176
Бобровская впадина 140
Большерецкая впадина 239, 240, 241
Большерецкая равнина 239
Большой Донбасс 72
Большой Пит, река 166
Большие Барсукн, пески 87
Бугский, лиман 40
Бургузин, река 179
Буреинская равнина 190
Буреинский хребет 106, 107
Бухтарма, река 140

В

Вайгач, остров 115, 118
Вангский, хребет 235
Варгуза, река 21
Вахш, река 84, 85, 236
Вахшский, хребет 86
Верхне-Ангарский, хребет 179
Верхне-Ангарская, впадина 55, 490
Верхне Зейская равнина 27
Верхне Камская возвышенность 179
Верхне-Муйская впадина 66
Верхне-Печорская впадина 207
Верхне-Тиссенская впадина 103
Верхняя Таймыра, река 53
Верхоянский хребет 179
Витим, река 179
Витимское нагорье 187
Вознесенский хребет 80
Волга, река 19, 25, 27, 117
Волыно Подольская возвышенность 34, 35
Волынская возвышенность 34, 35, 45

Волынское полесье 34
Воронеж, река 30
Воротан, река 230
Восточно-Грузинское плоскогорье 217, 218
Восточный Каратау 87
Восточно-Кубанский прогиб 76
Восточно-Мангышлакский прогиб 73
Восточно-Сахалинские горы 249, 251
Восточно Сибирское море 199, 200
Восточное вулканическое нагорье 245
Восточное Предкавказье 76
Восточный хребет 243, 244
Выгорлат-Гутинский хребет 207, 208
Вымско-Кедвинское поднятие 67
Вятка, река 27, 28
Вятский, вал 26

Г

Галицко Волынская впадина 34
Гиссарский хребет 143, 144, 145, 146, 147
Горагорский хребет 80
Горький, город 28
Гудаутское низкое холмистое предгорье 217
Гуджаретские нагорья 225
Гульбесты, пещеры 84
Гурийское низкогорье 223
Гурийское предгорье 226
Гусиное озеро 181
Гыданский полуостров 101

Д

Дангаринская долина 84
Дарвазский хребет 235
Дебет, река 227
Десна, река 25, 30, 32
Джагды, хребет 192
Джангджирский хребет 151
Джейранчеля, низкогорье 218
Джейранчель, хребет 218
Джергалан, река 151
Джетымтау, котловина 153
Джиды, река 187
Джрульское средиегорье 217, 218
Джугджура, хребет 55
Джумгальская впадина 149
Джумгальский хребет 148
Джунгаро-Балхашские эрозионно-денудационные горы 134
Днепр, река 25, 32, 33, 40, 41, 73
Днепровско-Дунайская береговая равнина 39
Днепровско-Самарское среднечетвертичное оледенение 64
Днестр, река 19, 35, 39, 81, 82
Дон, река 19, 30
Донецкий кряж 45, 74
Донбасс 72, 97
Дошно, (озерная котловина карстового происхождения) 34
Дунай, река 19, 39
Дудыпта, река 103
Дунайская равнина 39
Дуруджи, река 215
Душанбе, город 84

Е

Енисей, река 46, 47, 48, 98, 166, 170, 172
Енисейский залив 125
Енисейский кряж 48, 169, 172
Ергенинское плато 29, 30

Ж

Жданов город 40
Жигулевский вал 26
Жуя, река 177

З

Заалайский хребет 84, 150
Занлийский Алатау, хребет 136, 148
Зайсан, озеро 140
Зайсанская котловина 138, 139, 140
Закаспийская впадина 204, 233, 234
Закарпатская низменность 207, 233, 234
Западно-Сахалинские горы 252
Западно-Сихотэ-Алиньский вулканический пояс 192
Заузбойское плато 87
Заузбойское низкогорье 87
Заунгарские впадины 90
Зауральский Сырт 42
Зейская равнина 108
Зейско Буреинская впадина 105, 108, 109, 110
Зеравшан, река 85, 114, 145, 146
Зеравшанский хребет 143, 144, 145
Зея, река 105, 108, 109, 196

И

Игарка, река 170, 171
Идживанский хребет 227
Ижма, река 70
Имандра, озеро 21
Имень, озеро 19
Ингулецко-Нижнеднепровская водораздельная равнина 39, 40
Ингуло-Днепровская водораздельная равнина 39, 40
Ингури, река 215
Индер, горы 43
Индер, озеро 41, 43
Индигирка, река 199, 203
Иргиз, река 73, 89
Иркутско-Черемховская впадина 48, 56
Иртыш, река 99, 140, 141
Иссыккульская впадина 141, 150, 151
Ичинская сопка 245
Ия, река 58, 60, 61, 170

К

Кагул, озеро 39
Казахстанский мелкосопочник 100
Казахстанское эрозионно-денудационное низкогорье 129
Калауса, река 76, 80
Калачская возвышенность 29, 30
Кама, река 27, 28, 117
Камчатка, полуостров 238, 239, 245, 256
Камчатка, река 247, 248
Канская водноледниковая эрозионно-аккумулятивная равнина 59, 60
Канинский кряж 67
Каратал, река 129
Каратегинский хребет 144
Карагинская аккумулятивная равнина 247
Карелия 19
Карпаты, горы 206

Кассанайский адыр 94
Катлабух, озеро 39
Кафирниган река 84
Кача река 166
Кемчуг река 166
Кемь река 21
Керченский полуостров 209, 210, 211, 212
Кетмень-Тюбинская впадина 149
Киевское полесье 32, 33
Киргизские межгорные впадины 144
Киргизский хребет 148
Ключевской хребет 245
Клязьма, река 25
Кодоры, река 213, 215
Кокташская, гряда 86
Кокшаалтау, хребет 143
Колыма, река 199, 203
Колымо-Алазейская низменность 111
Командорские острова 239
Коротаихинская впадина 66
Корякское нагорье 243, 244
Косью-Роговская впадина 66
Краевой Охотско-Чукотский пояс 239, 253
Красноводский полуостров 87, 233, 234
Кубань, река 77, 79, 215
Кулундинская впадина 138
Кума, река 76
Куйчей Алатау, хребет 148, 150
Купа, река 63
Курейско-Летнинский вал 170
Курильские острова 239, 256
Куринская впадина 227
Курты, река 129
Курчум, река 140
Кустанайский вал 95
Кутаисско-Ахсхское низкое нагорье 217, 221
Кушума, река 41
Куяльника, река 39
Кызымчек, хребет 86
Кызыл-Су, река 85, 86

Л

Лаба, река 215
Ладожское озеро 18, 19
Лена, река 46, 47, 48, 53, 54, 62, 198
Лениногорская впадина 125, 140
Лено-Анабарская равнина 53, 55
Лено-Вилюйская аккумулятивная равнина 53
Лепсы, река 129
Ломоносова хребет 118
Львовская возвышенность 35

М

Малгобек, хребет 80
Малый Зеленьчуг, река 215
Малый Хинган, хребет 106
Мангышлакское низкогорье 87
Малый Узень, река 42
Минбулаг, котловина 153
Минсей, хребет 120
Минусинская впадина 156, 162, 163, 165, 166, 168
Мозырская возвышенность 33
Москва-река 25
Мука река 63
Муруктинско-Аганылийская водноледниковая аккумулятивная равнина 48, 49
Муяканская впадина 179

Н

Назаровская впадина 163, 165
Нарым, река 140
Нарымский хребет 142
Нева, река 19
Неман, река 19
Нижнемуйская впадина 179
Нижняя Таймыра, река 125
Нижняя Тунгуска, река 48
Нуратинский хребет 144

О

Ока, река 31, 58, 61
Окинское нагорье 182
Окско-Донская эрозионно-аккумулятивная равнина 29
Олекма, река 54
Олекмо-Витимское нагорье 178
Олекмо-Витимское плоскогорье 184, 185
Олойская впадина 111
Опала, хребет 245

П

Пае, хребет 67
Пай-Хой, хребет 115, 118, 119
Палаиская впадина 239
Памбакский хребет 228
Патомское нагорье 177, 178
Пенжино-Анадырская низменность 239, 240, 241
Петра Великого, залив 193
Печорская впадина 67
Печорская гряда 66, 67
Пигора, река 223
Подольская возвышенность 34, 35
Полтавская равнина 33
Попигайская водноледниковая аккумулятивная равнина 48, 49
Поронайская низменность 249
Поронайско-Сусунайская низменность 257
Пра-Амударья, река 87, 90
Предкарпатская впадина 205
Приазовская равнина 75
Прибайкальская впадина 179
Приверхоянская аккумулятивная равнина 53
Приверхоянский краевой прогиб 52, 53
Приволжская возвышенность 27, 29, 30, 45
Приднестровская равнина 32, 33
Прикалаусские высоты 81
Прикарабогазская равнина 87
Прикаспийская впадина 41, 76
Прикаспийская низменность 19, 41
Прикубанская наклонная равнина 76, 77, 79
Припятско-Днепровская озерно-аллювиальная равнина 32, 33
Припять, река 33
Прихаикайская низменность 196
Прут, река 39, 81
Пскемский хребет 143
Пур, река 99, 102, 103
Пяндж, река 84
Пясина, река 103, 135
Пясино-Фадеевская впадина 125

Р

Равнина Восточного Предкавказья 75
Равнина Степного Крыма 76
Раздан, река 228
Рижский залив 19
Риони, река 214, 215, 223
Роинская впадина 217
Рушаиский хребет 235
Рыбачий полуостров 66

С

Сагиз, река 42
Сайфун, река 196, 197
Салаирский, кряж 160
Сары-Су, река 73
Сарыкамская котловина 91
Сасыккуль, озеро 129, 136, 137
Сахалин, остров 238, 249, 256
Северная Двина, река 19
Северная Земля, остров 125
Северные Увалы, 23, 45
Северный Донец 73
Северный Ледовитый океан 19
Северный Урал 117, 120
Северный Ферганский канал 74
Северо-Байкальское нагорье 180, 181, 182
Северо-Сахалинская равнина 249, 250, 251
Селенгино-Олекминские горы 185
Селенгинское низкогорье 179
Сибирская платформа 46, 47, 48, 50, 54, 59, 64, 102 168, 170, 172
Сибирские увалы 99
Симферополь, город 79
Сихотэ-Алиньское нагорье 192
Соктахан-Джагды, хребет 191
Солотвинская впадина 208
Сосна, река 31
Спасск-Дальний, город 197
Срединный хребет 243, 244, 245
Среднеамурская впадина 196
Среднеамурская равнина 189, 193, 196
Среднеараксинская аккумулятивная равнина 228
Среднерусская возвышенность 29, 30, 45
Средний полуостров 66
Ставропольская возвышеиность 75, 76, 81
Ставрополь, город 81
Становика, хребет 55
Становой хребет 177, 178, 184
Стрый, река 82
Сунженский хребет 77, 79, 81
Супса, река 223
Сусамырский хребет 148
Сусунайская низменность 249
Сусунайский хребет 251
Сырдарья, река 73, 85, 87, 88, 144

Т

Таз, река 99
Тазовская Губа, 99
Таймыр, полуостров 125
Таласская впадиина 150, 151
Таласский хребет 90, 143, 148
Тангар, река 129
Тангоносский полуостров 255
Тарбагатай, горы 136, 137
Татарский пролив 256
Таулан-Армуданская гряда 249
Тбилиси, город 224, 226
Теджена, река 90
Тектумас, горы 133
Темнолесские высоты 81
Тенгизская впадина 138
Тенгизская равнина 130
Терско-Сунженское низкогорье 76, 77
Терек, река 76, 77, 215
Терскей-Алатау, хребет 143, 148, 150
Тертер, река 231
Техури, река 219
Тнгильская равнина 239, 240, 257
Тилигума, река 39
Тиманский кряж 68
Тимгтои, река 54
Тисса, река 207
Тихий океан 243
Тобол, река 117
Тонино-Анивский полуостров 251
Тонино-Анивскнй хребет 249
Триалетский хребет 217, 223, 224, 225, 226
Триалетское высокогорье 223, 224
Тувинская впадина 156, 162, 168, 181
Тувинское нагорье 167
Тугурский залив 193
Тулай-Кыряка-Тас возвышенность 103
Туманшет, река 61
Тунгуска, река 183
Тункинская впадина 182
Тургайская равнина 95
Тургай, река 89
Туркестанский хребет 143, 144, 145
Тымь-Поронайская низменность 249
Тюп, река 151
Тянь-Шань горы 72, 93, 128, 143, 144, 145

У

Уала, залив 247
Угамский хребет 143
Уда, река 58, 170, 193
Удская равнина 190
Удыль-Кизинская равнина 193
Уил, река 42
Узбой, река 91, 92
Узеньские озера 42
Ульбанский залив 193
Ульдурский хребет 196
Улькаяк, река 73
Урал, горы 72
Урал, река 42, 43, 44, 117
Уральский хребет 115, 116, 117, 119, 120
Урупа, река 215
Уса, река 70
Уссури, река 192, 197
Утва, река 42
Уфимское плоскогорье 27
Угамский хребет 143

Ф

Ферганская равнина 94
Ферганский хребет 143

Х

Хавывонская межгорная равнина 247
Хаки, озеро 43

Хамар-Дабан, хребет 170, 174, 175, 177, 187
Ханка, озеро 196, 197
Хантайский вал 170
Хатанга, река 103
Хатангская равнина 53
Хета, река 103
Хилок, река 179
Хоргос, река 129
Храма, река 199

Ц

Центрально-Бессарабская возвышенность 34
Центрально-Камчатская депрессия 247
Цна, река 30

Ч

Чандон, река 199
Чарын, река 129
Чатласский хребет 67
Челкар, озеро 41, 43
Челябинск, город 123
Чепцы, река 28
Чериая, река 63
Черное, море 19, 41, 208
Чернышева, гряда 121
Чилик, река 129
Чохори, река 227
Чудское озеро 19
Чукотское море 199, 200
Чукотский полуостров 200, 201, 255
Чулым, река 166

Ш

Шаганы, озеро 39
Шантарские острова 190
Шилка-Аргунская равнина 185
Ширакский хребет 228
Шмидт, полуостров 249, 252

Щ

Щуки-Поктойсс хребет 196

Э

Эвороно-Чукчагирская впадина 189, 196
Эвороно-Чукчагирская равнина 196
Эмба, река 42

Ю

Южнобессарабская равнина 39
Южнобессарабская возвышенность 39
Южнобугско-Днепровская равнина 40
Южноенисейский кряж 172
Южнокахетинское складчатое плоскогорье 217, 218, 220
Южномуйский хребет 179
Южный Ферганский канал 74

Я

Яблоново-Становой хребет 18
Язгулошский хребет 235
Ялцуг, озеро 39
Ямал, полуостров 111
Яна, река 199
Ясман, река 146
Ях-Су, река 86

ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

Сводный том

Выпуск 5

Редактор издательства *Л. Г. Китаенко* Технический редактор *А. Г. Иванова*

Корректор *С. В. Зимина*

Сдано в набор 4/X 1974 г. Подписано в печать 10/III 1975 г. Т-06303
Формат 70×108¹/₁₆ Бумага № 2 Печ. л. 16,5 Усл. п. л. 23,10. Уч.-изд. л. 24,21
Тираж 1000 экз. Заказ № 789/11745—2 Цена 2 р. 77 к.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19
Ленинградская картографическая фабрика объединения «Аэрогеология»