

Джамалов Р. Г.^(1, 2), Сафронова Т. И.⁽²⁾

⁽¹⁾ Университет «Дубна»

⁽²⁾ Институт водных проблем РАН

РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД: ИХ ИЗМЕНЕНИЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО СТРАНАМ МИРА В НАЧАЛЕ XX I ВЕКА³

Пресная вода — это важнейший ресурс, дефицит которого в ближайшем будущем станет определяющим фактором развития цивилизации. По сравнению с современной и перспективной потребностью доступное количество пресной воды на Земле ограничено, особенно если учесть продолжающееся загрязнение окружающей среды. Выполненные оценки возобновляемых ресурсов пресных подземных вод и потенциальной водообеспеченности дают представление о распределении водных ресурсов и их использовании по странам и континентам. Полученные результаты позволили оценить ресурсы подземных вод в региональном и глобальном масштабе, провести их сопоставление с ресурсами поверхностных вод и уточнить современную обеспеченность подземными водами 1 км² и 1 жителя различных стран Мира. Показано, что водообеспеченность жителя Земли с 1970 по 2003-2005 гг. уменьшилась примерно в 2 раза. Рассмотрено современное и прогнозное водопотребление в Море и отдельных странах.

Введение

Пресная вода — это важнейший ресурс на Земле, дефицит которого в ближайшем будущем станет определяющим фактором развития не только экономики, но и человечества в целом. Современное состояние водных ресурсов в мире, перспективы обеспеченности ими стран часто обсуждаются на региональных и глобальных форумах. Однако, несмотря на столь пристальное внимание к этой проблеме, ситуация в мире с водными ресурсами явно неудовлетворительная и в целом тревожная. Во многих регионах наблюдаются как количественное, так и качественное истощение водных ресурсов, их дефицит с годами становится все более напряженным.

Глобальное повышение среднегодовой температуры в последней четверти XX в. привело к изменению величин осадков и испарения, что в свою очередь обусловило среднегодовое приращение или сокращение речного и подземного стока. Следовательно, региональная и глобальная переоценка водных ресурсов в начале XXI в. имеет практическую необходимость. Изучение закономерностей формирования и использования

³ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 08 -05-00428)

подземных вод как элемента водного баланса суши позволит установить на количественной основе пространственно-временные особенности их взаимосвязи с другими элементами водного баланса в региональном и глобальном масштабах. Полученные количественные соотношения подземного стока с другими воднобалансовыми элементами дают возможность прогноза изменения питания подземных вод в различных природно-климатических зонах Земли в связи с глобальными изменениями климата и интенсивным антропогенным воздействием на водный режим территорий. При участии авторов разработана и апробирована методика региональной оценки и картирования подземного стока, на базе которой составлены карты подземного стока различных регионов и стран, включая Карту гидрогеологических условий и подземного стока Мира [11]. Основным содержанием этих карт являются удельные характеристики подземного стока — модули и коэффициенты.

Эти данные наряду с другими материалами и результатами исследований авторов положены в основу разработанной методики количественной оценки изменения величин подземного стока в начале XXI в. При этом количественная оценка соотношения величин подземного стока с другими элементами водного баланса выполняется по речным бассейнам. С этой целью по основным речным бассейнам Европейской части России построены цифровые карты (грид-модели) пространственно-временного распределения элементов водного баланса (по ГИС-технологии) и выполнены расчеты речного стока по каждому расчетному узлу речного бассейна с шагом в 0,1 градус координатной сетки. Увязанные между собой таким образом значения основных элементов водного баланса служат основой для их пространственно-временного анализа и картографического представления. Расчеты осуществляются при различной реализации моделей стока — от детального (часть речного бассейна), регионального (крупный речной бассейн или система бассейнов) до глобального (отдельные континенты и Земля в целом). Полученные на этой основе количественные соотношения подземного стока с другими элементами водного баланса для отдельных регионов используются для прогноза изменения региональных величин питания подземных вод (подземного стока или естественных ресурсов подземных вод) под влиянием изменения климата и антропогенных воздействий. Данная методика апробирована на бассейнах рек России (рр. Волга, Дон, Кубань, Лена и др.) с многолетними наблюдениями за элементами водного баланса по целому ряду гидрометеорологических створов и станций.

Изменение ресурсов подземных вод под влиянием климата и антропогенных воздействий

Актуальность данных исследований обусловлена тем, что на рубеже XX и XXI веков зафиксировано повышение среднегодовой температуры поверхности Земли на $0,6^{\circ}\text{C}$, на территории России — $0,9^{\circ}\text{C}$, а в Западной и Восточной Сибири оно составило $3,5\text{—}4,7^{\circ}\text{C}$. Глобальное повышение среднегодовой температуры обуславливает среднегодовое приращение или сокращение речного и подземного стока за счет изменения величин испарения и осадков (таблица 1). Вместе с тем следует подчеркнуть, что прогнозные оценки изменения водных ресурсов на ближайшую и отдаленную перспективы недостаточно совершенны и содержат определенные ошибки, поэтому они должны быть вариантными и соответствовать наиболее вероятной направленности климатических изменений будущего [5, 7, 14].

Подобные исследования особенно актуальны для южных районов распространения многолетнемерзлых пород, а также аридных и полуаридных территорий Евразии, где амплитуда колебания среднегодовой температуры имеет гораздо больший размах и приводит к более существенным изменениям составляющих водного баланса [2]. Для оценки изменений водных ресурсов под влиянием климатических вариаций в последние годы в нашей стране и за рубежом были проведены исследования анализа колебаний характеристик стока, температуры и осадков за периоды одновременных наблюдений [1, 2, 5, 6, 14].

Разработанная методика основана на изучении пространственно-временных особенностей формирования возобновляемых естественных ресурсов подземных вод (подземного стока). Естественные (возобновляемые) ресурсы — это часть общих ресурсов подземных вод, которая характеризуется величиной питания подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков, поглощения речного стока и перетекания из других водоносных горизонтов, суммарно определяемая величиной расхода потока или толщиной слоя воды, поступающего на уровень подземных вод.

Рассчитанные количественные соотношения величин подземного стока с другими элементами водного баланса для конкретных речных бассейнов позволяют оценить изменения возобновляемых ресурсов подземных вод (питания подземных вод) в различных природно-климатических зонах Земли в связи с изменениями климата и антропогенным воздействием на водный режим территорий. Данные исследования направлены на выявление основных особенностей формирования естественных ресурсов подземных вод для разработки методических основ прогнозирования возможных

изменений их абсолютных и удельных характеристик как при существующих климатических условиях, так и на перспективу.

Региональная оценка соотношения подземного стока с другими элементами водного баланса на основе ГИС-технологии позволяет не только проводить воднобалансовые расчеты, но и анализировать их адекватность различным сценариям изменения климата. За основу берутся данные по глобальному распределению атмосферных осадков (из Интернета), полученные ранее величины подземного стока [11] и величины общего речного стока крупных рек мира (по данным ГГИ, ООН и ЮНЕСКО). Данные из работ [1, 12, 13] рассматриваются в качестве нормы основных элементов водного баланса (их среднесуточных значений), характерной для XX века (до 70-х годов). Изменения величин подземного стока определяются относительно этой нормы по состоянию на 1995-2005 гг.

Таблица 1

Изменение стока основных рек России на рубеже XXI века [1]

Река, створ	Среднее многолетнее значение, км ³ /год	Среднее значение за 1991- 2000 гг., км ³ /год	Отклонение от среднего многолетнего значения, %
Нева – устье	74,3	77,4	+4,2
Днепр – Смоленск	3,0	3,2	+6,0
Дон – Раздорская	25,3	22,7	-10,1
Кубань – устье	13,0	12,4	-4,8
Волга – Лебяжье	227	263	+15,9
Урал – Кушум	9,7	12,4	+27,5
Сев. Двина - устье	101	114	+12,4
Печора – устье	129	137	+6,5
Обь – Салехард	405	403	-0,5
Енисей – Игарка	572	617	+7,8
Лена – устье	537	558	+3,9
Амур - Комсомольск	306	307	+0,2

Для проведения воднобалансовых расчетов указанные распределения основных элементов представлены в цифровой форме в виде грид-моделей по технологии ГИС. Расчеты водного баланса проводятся по географической сетке с шагом в 0.1° , что примерно соответствует ячейке 10 x 10 км. Вклад каждой расчетной ячейки в общую величину речного стока по выделенным промежуточным и замыкающему створам речного водосбора рассчитывается по основному уравнению гидрологии (связь осадков, испарения и общего речного стока). Полученные таким образом расчетные величины общего речного стока сравнивались с измеренными их значениями с многолетними рядами наблюдений по гидрометрическим створам. При необходимости расчетные величины корректировались до удовлетворительной их сходимости с измеренными (с ошибкой не более 10 %).

Анализ водного режима рек и полученных результатов показал высокую чувствительность внутригодового распределения стока к изменениям как атмосферных осадков, так и температуры воздуха. При этом важным является не только величина этих изменений, но и сезоны, и месяцы их проявлений. Из анализируемых условий выделяются два гидрологических сезона – зимняя и летняя межень. Зимний сезон характеризуется стоком воды снегодождевого происхождения с ноября по апрель (зимние оттепели), с максимумом в марте. В летний сезон с мая по сентябрь отмечается устойчивая межень практически для всех створов бассейна с минимумом в июле – августе (30—60 дней), когда питание рек происходит за счет подземных вод. Такой водный режим рек обусловлен, прежде всего, значительным повышением температуры воздуха, когда практически все осадки расходуются на испарение. Кроме того, повышение осенних и зимних температур воздуха вызывает ряд оттепелей в холодный период года (особенно в южных районах) и нередко сопровождается частыми паводками снегодождевого происхождения. В целом сток внутри года имеет более равномерное распределение: максимальный сток ниже, чем при нормальных климатических условиях, а минимальный – выше. Именно такое внутригодовое распределение стока рек южного склона Европейской территории России (ЕТР) наблюдается в последние десятилетия.

Анализ изменения во времени значений речного стока убедительно свидетельствует о наличии в этом распределении восходящих и нисходящих трендов линейного характера. Более детальный анализ изменений величин речного стока за последние десятилетия показывает наличие восходящих линейных трендов в распределении не только годовых, но и сезонных (летних и зимних) значений [3, 4, 7, 8]. Особый интерес при расчетах величин подземного стока представляет выявление линейных трендов во временном распределении именно меженных годовых расходов, рассчитанных как средняя величина из зимних и летних значений стока, которые наиболее полно отражают вариации подземной составляющей в течение гидрологического года, особенно в пределах южного склона ЕТР. Полученные угловые коэффициенты линейных трендов меженного стока также дают основания рассчитать возможные величины общего речного и соответствующие им значения подземного стока при различных вариантах изменения основных климатических характеристик.

При этом следует иметь в виду, что подземный сток в различных природно - климатических зонах формируется за счет так называемых эффективных осадков (инфильтрующихся до уровня подземных вод). Для средней полосы ЕТР это обычно осадки зимне-весеннего и осеннего сезонов года с определенным временным сдвигом, зависящим от площади водосбора и его геолого - гидрогеологических условий. Поэтому в

дальнейшем при анализе прогнозных величин подземного стока в XXI веке целесообразно провести анализ распределения эффективных среднемесячных атмосферных осадков, что позволит обосновать полученные величины подземной составляющей общего речного стока.

Рассмотренная методика оценки изменения подземной составляющей водного баланса была апробирована на примере бассейнов р.р. Волги, Дона, Кубани, Енисея, Лены и др. с длительным рядом гидрометрических измерений и значительной трансформацией воднобалансовых характеристик. За основу приняты распределение среднееголетних значений осадков, испарения и общего речного стока, а для рек с зарегулированным стоком - восстановленные величины расходов [5, 7, 8]. При условии совпадения статистических параметров речного стока в естественные и восстановленные (условно-естественные) периоды дает основание считать многолетние ряды наблюдений за стоком как однородные и использовать их для расчетов и прогнозов.

В результате анализа многолетних колебаний стока рек установлено, что с середины 70-х годов по многим гидрометрическим створам наблюдаются значимые изменения во внутригодовом распределении стока, которые ранее не отмечались. Они связаны с увеличением водности в меженные месяцы (летние и зимние), снижением стока весеннего половодья и увеличением годового стока. В бассейнах рек ЕТР увеличение меженного стока за период 1978-2002 гг. достигает 20-40 % от нормы. Так, годовой сток Волги в створе Волгоградского гидроузла составил $280,1 \text{ км}^3$, что соответствует примерно 30 % обеспеченности (P %). При этом произошло существенное увеличение меженного стока. Существенные различия объемов стока за указанный период наблюдаются по р. Каме $97,7 \text{ км}^3$ ($P \approx 35$ %) и Верхней Волге – $35,3 \text{ км}^3$ ($P \approx 40$ %). Однако следует отметить, что этот период включает очень маловодный 1996 г., когда обеспеченность годового стока составляла 92 % [7]. В этих вариациях значений стока определяющую роль могут играть как осадки, так и температура воздуха [4] (рисунок 1).

Как видно из рисунка 1, осадки на территории бассейна р. Волги, несмотря на их значительные колебания за отдельные годы, характеризуются постепенным ростом за период с 1960 по 90-е годы с угловым коэффициентом 5-8%. Однако прирост осадков по отдельным участкам бассейна к концу XX века может быть более значительным и вызывать соответствующие изменения в речном стоке.

Особый интерес для расчетов величин подземного стока представляет выявление линейных трендов во временном распределении меженных расходов за годовые и многолетние периоды, которые наиболее полно отражают вариации подземной составляющей в течение гидрологического года. Угловые коэффициенты линейных

трендов меженного стока рек этой территории России изменяются от 7-10 до 20-30 % и более. При этом величины угловых коэффициентов обычно возрастают при анализе стоковых значений за последние десятилетия, с 70-80-х годов [5, 10].



Рисунок 1. Изменение среднегодовых сумм атмосферных осадков на территории бассейна р. Волги за 1961-1990 гг.

Подобный анализ с целью выявления линейных трендов в годовом и меженном стоке выполнен для гидрометрических постов бассейнов рек ЕТР, Сибири, Канады, Аляски и др., которые имеют многолетние ряды наблюдений за стоком. Примеры таких трендов для бассейна Волги, Дона, Енисея и Лены приведены на рисунках 2, 3.

На предыдущем этапе исследований по гидрометрическим створам с многолетним рядом наблюдений проведено расчленение гидрографа речного стока с выделением его подземной составляющей [11]. Эти расчеты позволили определить величины подземного стока (естественных, или возобновляемых, ресурсов подземных вод) при среднемноголетних значениях основных элементов водного баланса, то есть их практической неизменности до 70-х годов XX века. Выявленные существенные линейные тренды в величинах меженного стока для водосбора рек Волги, Дона, Енисея, Лены (рисунки 2, 3) и других крупных рек России после 70-х годов дают основания рассчитать новые значения подземной составляющей речного стока как для каждого бассейна, так и для отдельных его частей уже в соответствии с новыми значениями общего речного стока на конец XX в. Пример такого расчета для всего бассейна Волги, который занимает примерно 2/3 европейской части России, приведен в таблице 2.

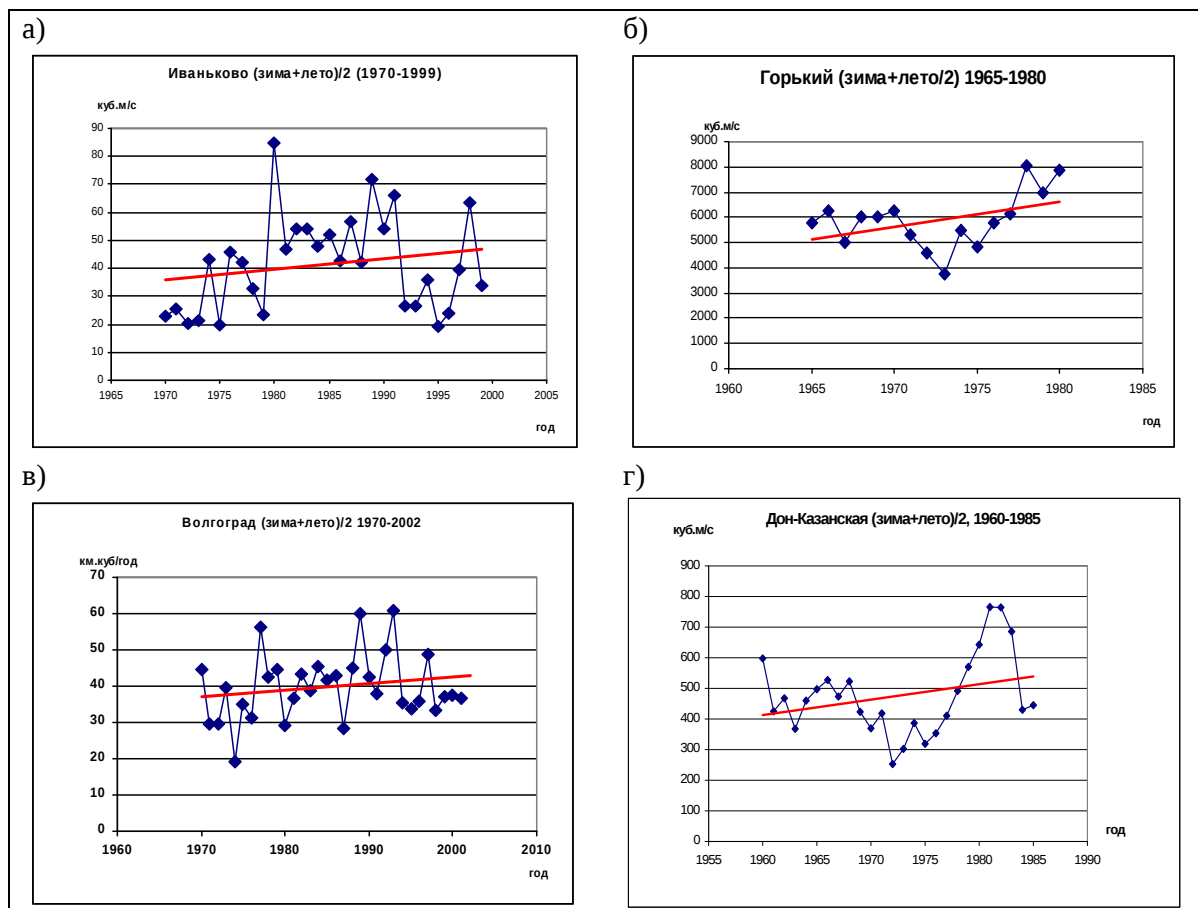


Рисунок 2. Линейные тренды в распределении меженных расходов по створам бассейнов рек ЕТР - р. Волга: а) Ивановское, б) Горький, в) Волгоград; р. Дон: г) Казанская

Таблица 2

Расчетные значения подземного стока в бассейне Волги в начале XXI в.

	Площадь, тыс. км ²	Средневзвешенный модуль подземного стока л/сек* км ²	Подземный сток по карте СССР, 1974 г., км ³ /год	Коэффициент линейного тренда меженного стока, %	Прирост средневзвешенного модуля подземного стока к 2000г л/сек* км ²	Подземный сток на рубеже XX-XXI веков км ³ /год
Волга, Волгоград	1350	2,0	85,0	15-20	0,3	99,5
Волга, Горький	479	2,0	30,2	25-30	0,6	39,2
Волга, Ивановское	41	2,0	2,6	25-30	0,5	3,2
Кама, Тюлькино	81,8	2,5	6,4	20-25	0,5	7,7

Годовые значения речного стока Дона по замыкающему створу (Дон – Раздорская) к концу 90-х годов снизились относительно среднеголетних величин примерно на 10%. Это снижение стока Дона обусловлено в большей мере хозяйственной деятельностью на его водосборе, связанной с созданием водохранилищ и ирригационных систем. Однако анализ стока Дона по створу в среднем его течении (Дон – Казанская) свидетельствует о положительном тренде его среднегодовых величин с угловым коэффициентом до 30 %, что, видимо, обусловлено влиянием климатических факторов. Данный пример указывает на необходимость детального анализа формирования стока в

различных частях водосбора реки при региональной оценке подземной его составляющей на начало XXI века и более отдаленный период с учетом влияния климатических и антропогенных факторов.

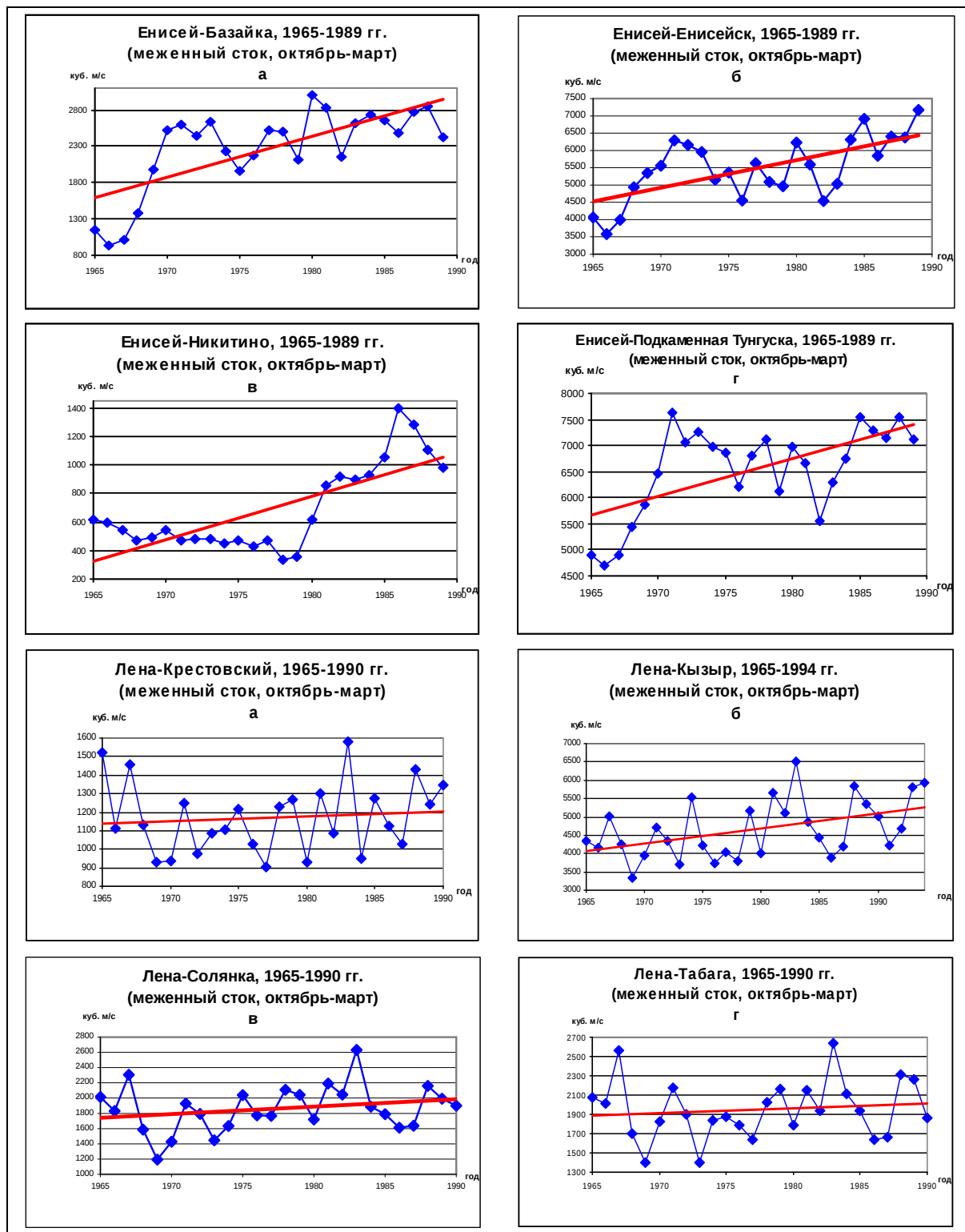


Рисунок 3. Линейные тренды в распределении меженных расходов по створам бассейнов АТР - р. Енисей: а) Базайка, б) Енисейск, в) Никитино, г) Подкаменная Тунгуска; р. Лена: а) Крестовский, б) Кызыр, в) Солянка, г) Табага

Анализ формирования годового стока крупных рек Азиатской территории России (АТР) свидетельствует о том, что его меженная часть соответствует стоку за осенне-зимний период (октябрь-март). Именно в этот холодный период сток сибирских рек является минимальным и обусловлен разгрузкой подземных вод. Представленные графики меженного стока Енисея и Лены с 1965 года (рисунок 3) показывают, что угловые коэффициенты линейных трендов пространственно-временного распределения величин этого стока изменяются в широком диапазоне. Так, для меженного зимнего стока Енисея угловые коэффициенты изменяются от 30-40 % (посты Енисейск, Подкаменная Тунгуска) до 80 % (пост Базайка) и даже 200 % (пост Никитино). Столь значительные угловые коэффициенты для Енисея свидетельствуют о существенном ежегодном приращении зимнего стока последней трети XX века и хорошо согласуются с приведенным детальным анализом этих величин в статье [8]. С другой стороны, возрастающий также меженный зимний сток Лены характеризуется гораздо меньшими угловыми коэффициентами, которые изменяются здесь от 5-15 % (посты Крестовский, Табага, Солянка) до 30 % (пост Кызыр). Такие вариации угловых коэффициентов меженного стока крупнейших рек Сибири свидетельствует о весьма сложных природно-климатических условиях его формирования.

Рассмотренные выше расчеты формирования общего речного стока Волги по грид-моделям свидетельствуют, что эти модели соответствуют реальным природным условиям и на их основе можно получить трансформированные значения речного стока на прогнозный расчетный период, который учитывает изменения формирующих его стокообразующих элементов водного баланса. Из полученных таким образом величин общего речного стока определяется вклад подземной составляющей, которая, как известно, формирует меженный сток в речной сети. На основе таких грид-моделей, адекватных конкретным водобалансовым условиям, можно рассчитывать непосредственно меженный сток по речным бассейнам и их частям, если в качестве расчетных величин в узлы градусной сетки задавать так называемые эффективные осадки (инфильтрующихся до уровня подземных вод) и соответствующие им значения испарения. Как отмечалось выше, для средней полосы ЕТР это обычно осадки зимне-весеннего и осеннего сезонов года с определенным временным сдвигом, зависящим от площади водосбора и его геолого-гидрогеологических условий.

Водные ресурсы Мира в начале XXI века

Современные оценки возобновляемых ресурсов пресных поверхностных и подземных вод и потенциальной водообеспеченности континентов Земли дают

представление о распределении водных ресурсов и удельной водообеспеченности регионов (таблица 3). Среднемноголетняя величина речного стока мира в начале XXI в. составляет 42785 км³/год, а естественные (возобновляемые) ресурсы подземных вод — 11720 км³/год, или 27 % от общего речного стока (рис унок 4). Следует подчеркнуть, что естественные (возобновляемые) ресурсы составляют именно ту часть общих ресурсов подземных вод, которая может обеспечить неограниченный срок их эксплуатации. Существенная особенность пресных подземных вод — их тесная взаимосвязь с окружающей средой. Подземные воды находятся в постоянном и тесном взаимодействии с водовмещающими горными породами и связаны с по верхностными водотоками, водоемами и морями, атмосферой, растительностью и другими компонентами ландшафта.

Оценка ресурсов подземных вод выполнена на основании Карты гидрогеологических условий и подземного стока Мира (масштаб 1:10 млн.) , основным содержанием которой является распределение количественных характеристик естественных ресурсов подземных вод, а также геологических и гидрогеологических условий их формирования. Карта составлена впервые в мировой практике по заданию ЮНЕСКО и опубликована в 1999 году в США [11]. Методика работ, легенда и основное содержание Карты разработаны специалистами Института водных проблем РАН.

Таблица 3

Современная обеспеченность водными ресурсами континентов Земли

Континент	Площадь млн. км ²	Население, млн. чел.	Ресурсы, км ³ /год			Водообеспеченность, тыс. м ³ /год			
			Поверхност- ных вод (речной сток)**	Подземных вод***	Соотноше- ние ресурсов подземных и поверхност- ных вод, %	Ресурсами поверхностных вод		Ресурсами подземных вод	
						1 кв. км	1 жителя	1 кв. км	1 жителя
Европа	9.9	687.5	2900	1050	36	294	4.2	106	1.5
Азия	45.0	3698.5	13510	3246	24	300	3.7	72	0.9
Африка	29.6	790	4050	1129	28	137	5.1	38	1.4
Северная Америка	22.0	479.4	7890	2132	27	358	16.5	96.8	4.4
Южная Америка	17.9	345.7	12030	3656	30	674	34.8	205	10.6
Австралия и Океания	8.3	27.7	2405	312	13	288	86.7	37	11.2
Вся суша*	132.7	6029	42785	11524	27	322	7.1	87	2.0
В т. ч. Россия	17.1	145.2	4053	915	23	237	27.9	54	6.3

*без Антарктиды, Гренландии; ** по данным [12]; *** по данным авторов.

Суммарная величина естественных (возобновляемых) ресурсов подземных вод, т. е. питания подземных вод на всей территории суши (без Антарктиды и Гренландии), составляет около 12 000 км³/год. По континентам они возрастают от 305 для Австралии и Океании до 3656 км³/год на территории Южной Америки (таблица 3). В глобальном

масштабе естественные ресурсы подземных вод в среднем составляют 27 —30 % от суммарных водных ресурсов. Минимальным соотношением ресурсов подземных и поверхностных вод отличается засушливая Австралия, сравнительно низким — Азия, максимальным — Европа (рисунок 5). Засушливые (пустынные) регионы Австралии, Африки и Евразии наиболее уязвимы к современным многолетним и внутригодовым изменениям ресурсообразующих элементов водного баланса (осадки, испарение) . Так, в соответствии с основными климатическими сценариями, южные регионы России отличаются усилением засушливости и уменьшением летних осадков до 50 % по сравнению с климатической нормой для этих территорий (1961 -1990 гг.). В связи с этим прогнозируется снижение урожайности основных сельскохозяйственных культур до 40 % в Поволжье, Предкавказье и других южных районах . Однако снижение урожайности на юге может быть компенсировано его ростом в других регионах [2, 6].

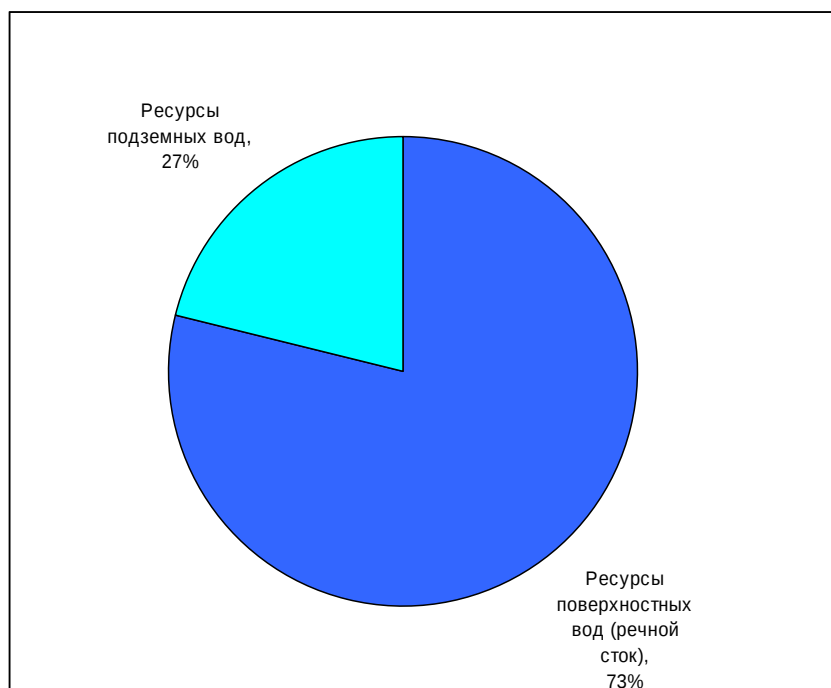


Рисунок 4. Соотношение ресурсов поверхностных и подземных вод Мира

Ежегодная величина естественных (возобновляемых) ресурсов подземных вод по странам Мира колеблется от сотен и даже тысяч кубокилометров до их десятых и сотых долей. Наиболее богаты возобновляемыми водными ресурсами (речным стоком) шесть крупнейших стран мира: Бразилия, Россия, Канада, США, Китай, Индия. На их территориях формируется более 40 % суммарного годового стока рек мира (таблица 4).

Наиболее полную картину распределения ресурсов подземных вод по континентам и их широтным зонам дают гистограммы [4], на которых видно, в каких широтных зонах сосредоточены основные ресурсы (рисунок 6). Они показывают, что наибольшими

естественными ресурсами подземных вод располагают Южная Америка и Азия (3657 и 3434 км³/год соответственно). Гистограммы отражают наиболее благоприятные климатические и геолого-гидрогеологические условия формирования и распределения ресурсов подземных вод. Полученные на основе данных графических представлений выводы не противоречат уже сложившимся представлениям об общих закономерностях формирования подземных вод. Однако такое глобальное распределение естественных ресурсов подземных вод по континентам и отдельным их регионам выполнено впервые и может служить основой для дальнейших обобщений и прогнозных оценок.

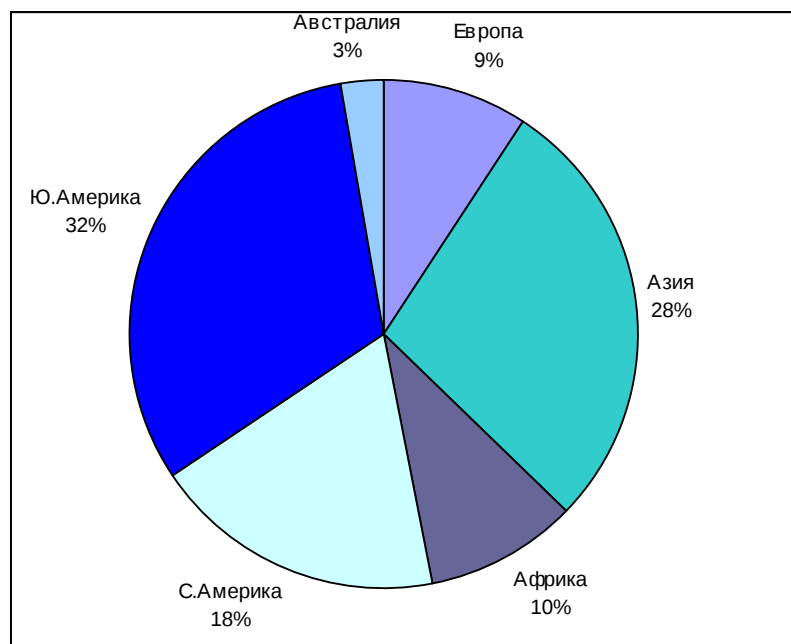


Рисунок 5. Распределение естественных (возобновляемых) ресурсов подземных вод по континентам

Таблица 4

Водные ресурсы шести крупнейших стран мира

Страна	Площадь, тыс. км ²	Население, 10 ⁶	Ресурсы поверхностных вод (речной сток), км ³ /год	Ресурсы подземных вод, км ³ /год	Соотношение ресурсов подземных и поверхностных вод, %	Водообеспеченность страны ресурсами поверхностных/подземных вод, тыс. м ³ /год	
						1 км ²	1 жителя
Бразилия	8512.0	163.0	6220	2287	37	730.7/268.7	38.2/14.0
Индия	3287.6	1049.7	1456	342	24	442.9/103.9	1.4/0.4
Канада	9971.0	30.1	3287	995	30	329.7/99.8	109.2/33.0
Китай	9632.9	1309.6	2700	463	17	280.3/48.0	2.1/0.4
Россия	17075.4	146.3	4053	915	23	237.4	27.7
США	9363.2	270.0	2930	866	30	312.9/92.5	10.9/3.2
Вся суша	132742.8	6028.6	42785.0	11524	27	322.3/86.8	7.1/1.9

Наиболее полную картину распределения ресурсов подземных вод по континентам и их широтным зонам дают гистограммы [4], на которых видно, в каких широтных зонах

сосредоточены основные ресурсы (рисунок 6). Они показывают, что наибольшими естественными ресурсами подземных вод располагают Южная Америка и Азия (3657 и 3434 км³/год соответственно). Гистограммы отражают наиболее благоприятные климатические и геолого-гидрогеологические условия формирования и распределения ресурсов подземных вод. Полученные на основе данных графических представлений выводы не противоречат уже сложившимся представлениям об общих закономерностях формирования подземных вод. Однако такое глобальное распределение естественных ресурсов подземных вод по континентам и отдельным их регионам выполнено впервые и может служить основой для дальнейших обобщений и прогнозных оценок.

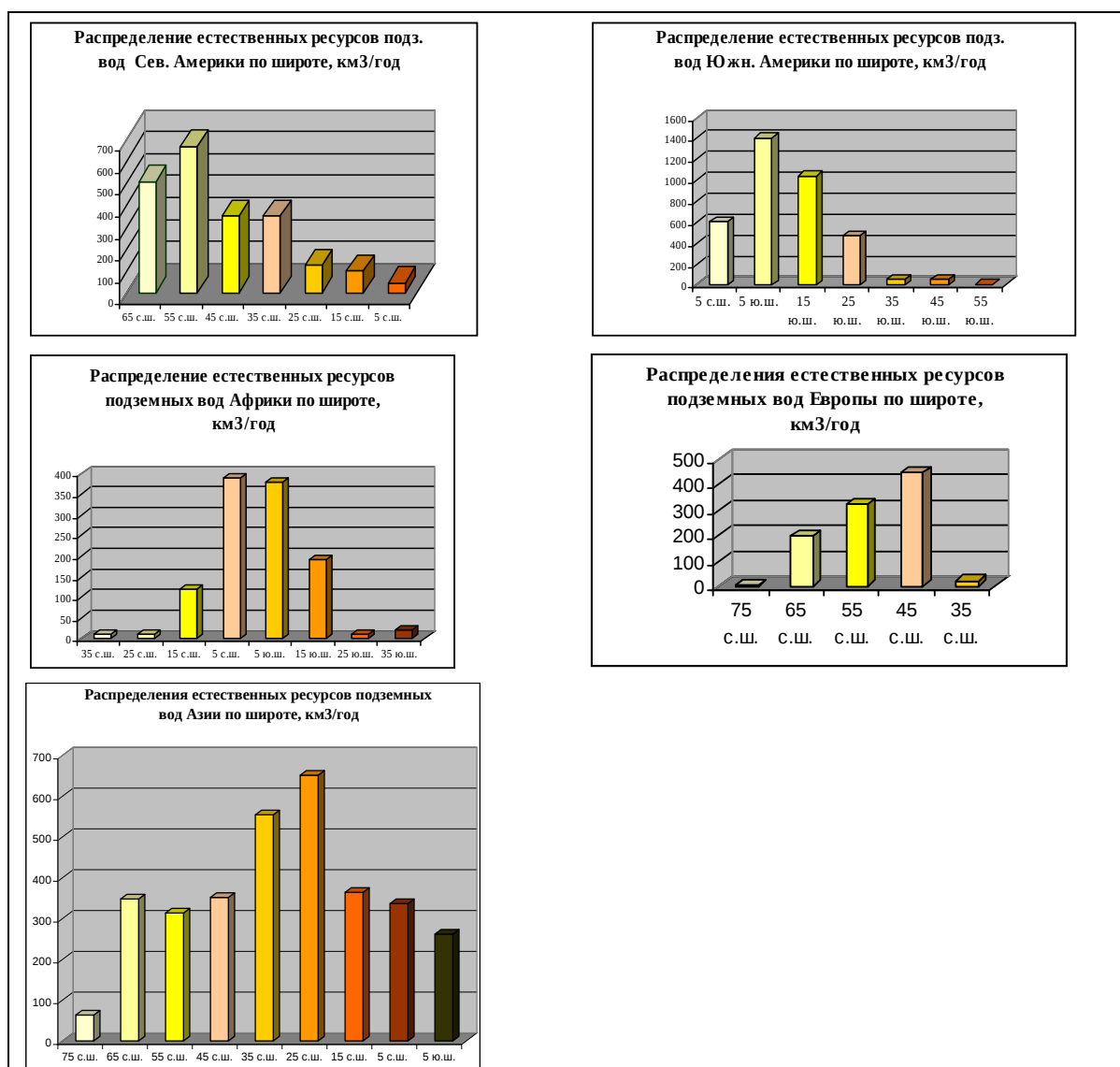


Рисунок 6. Гистограммы распределения естественных ресурсов подземных вод по широтным зонам континентов

По существующим оценкам водообеспеченность жителя Земли с 1970 по 2003-2005 гг. уменьшилась примерно в 2 раза (с 13 до 7.6 тыс. м³/год). Это связано в основном с

ростом населения (на 3 млрд. человек), а также истощением ресурсов пресных вод отдельных регионов и стран. В частности, иссушение степных и пустынных регионов сопровождается резким снижением запасов местных водных ресурсов и соответствующими социально-экономическими и медико-экологическими проблемами для населения [2]. Если рост населения Земли к середине XXI в. будет соответствовать прогнозным оценкам (до 9 млрд. чел.), а суммарные водные ресурсы существенно не изменятся, то это приведет к дальнейшему снижению потенциальной водообеспеченности 1 жителя до 5.5—5.0 тыс. м³/год.

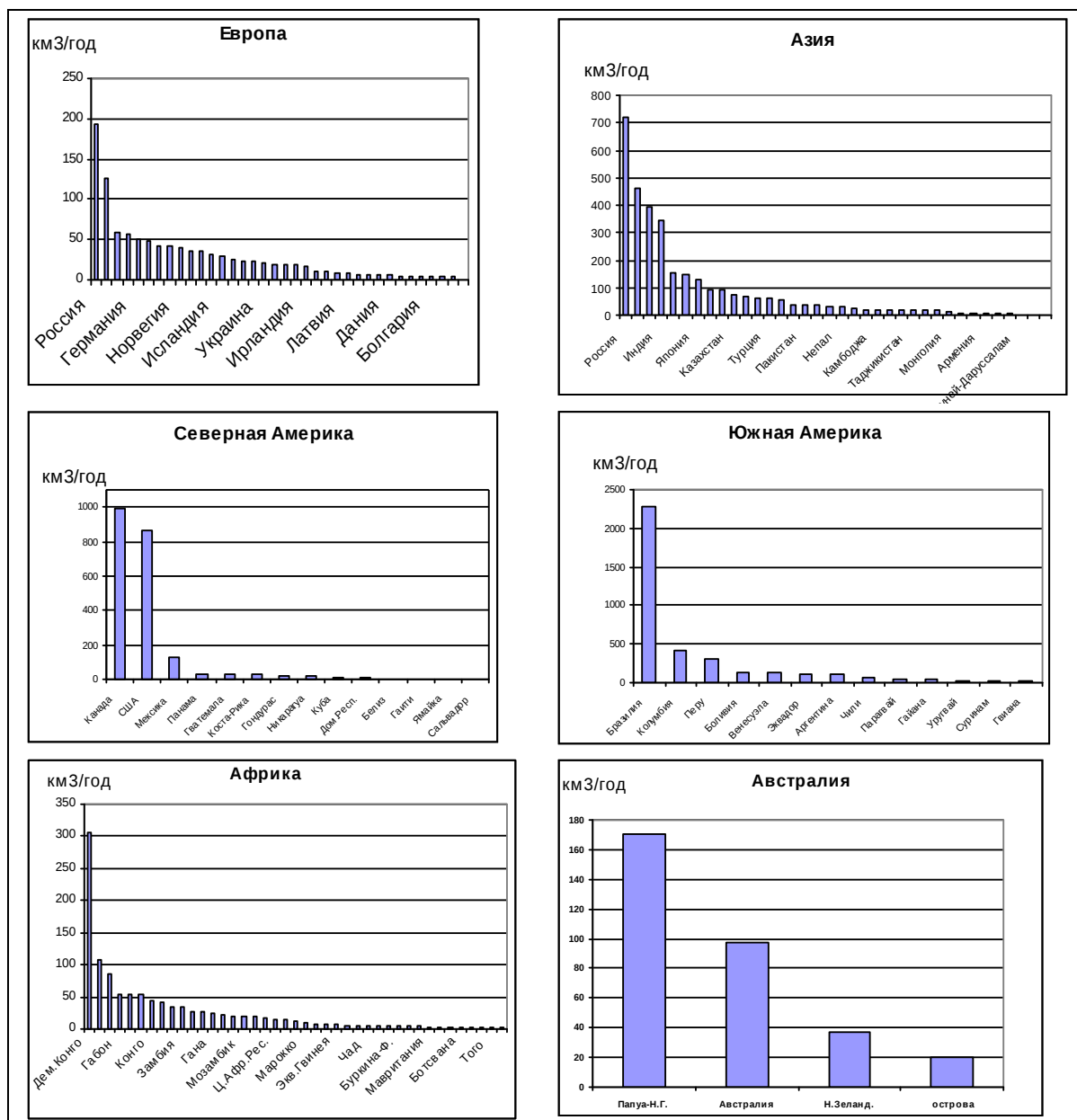


Рисунок 7. Распределение естественных (возобновляемых) ресурсов в подземных водах по странам Мира

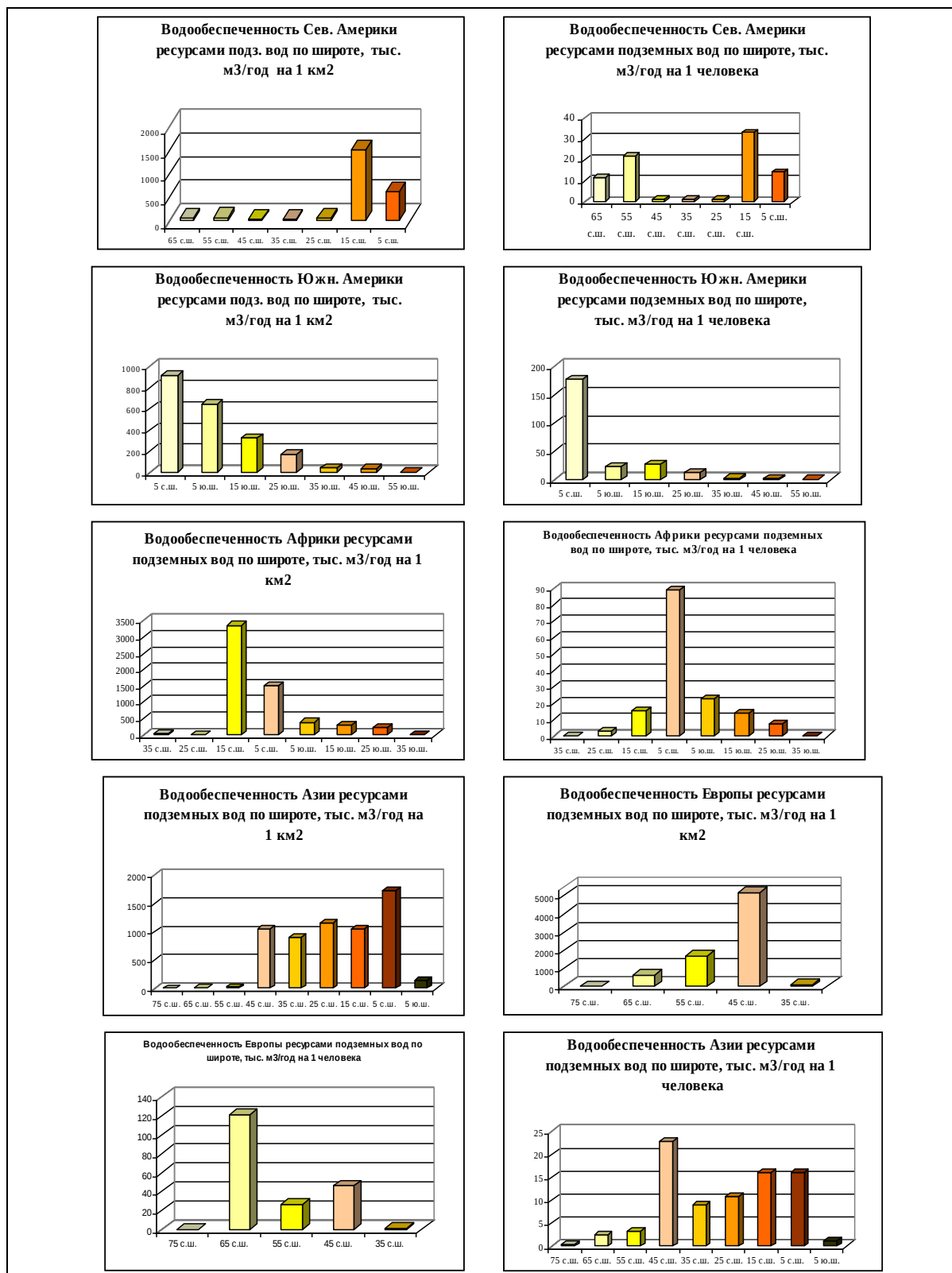


Рисунок 8. Гистограммы распределения удельных характеристик обеспеченности ресурсами подземных вод по континентам

Расчеты удельной обеспеченности ресурсами подземных вод одного жителя и единицы площади были выполнены по всем странам Мира (свыше 160 стран)

(приложение 1). Их анализ показывает, что удельная водообеспеченность подземными водами 1 кв. км по континентам согласуется с распределением суммарных величин ресурсов подземных вод (рисунки 5, 6). Средняя величина обеспеченности подземными водами жителя каждой страны колеблется от 0.1—0.2 (страны Магриба, Аравийского полуострова и др.) до 100 тыс. м³/(чел.*год) в Исландии, при средней величине по странам Мира около 2 тыс. м³/(чел.*год) при численности населения в 2000 году более 6 млрд. человек. Такое распределение удельных величин связано, прежде всего, с широтным распределением осадков и испарения как основных ресурсообразующих элементов водного баланса (рисунок 8).

Водообеспеченность подземными водами определяется также гидрогеологическими структурами, к которым приурочены основные объемы пресных подземных вод (Волго-Камский, Московский, Днепров-Донецкий, Западно-Сибирский, Большой Австралийский и др. артезианские бассейны). С другой стороны на территории Азии основную роль в распределении ресурсов подземных вод помимо широтной зональности играет высотная поясность горных массивов различной складчатости (Тянь-Шань, Памир, Гималаи), а также широкое развитие связанных с ними аллювиально-пролювиальных отложений конусов выноса.

Современное водопотребление в Море

Потребность в воде постоянно растет. На начало XXI в. суммарное водопотребление в мире достигло почти 4000 км³/год (приложение 2), из которых более 50 % приходится на Азию (таблицы 3, 5; рисунок 9). Именно здесь проживает большая часть населения и расположены основные орошаемые земли — наиболее водоемкая отрасль сельского хозяйства. Наиболее интенсивный рост водопотребления в ближайшие десятилетия ожидается в развивающихся странах Африки и Южной Америки (в 1,5—1,6 раза), наименьший — в экономически и технологически развитых странах Европы и Северной Америки (в 1,2 раза) (рисунок 10). Прогнозируемый рост водопотребления в развивающихся странах связан, прежде всего, с дальнейшим увеличением суммарной площади орошаемых земель [2; 12].

Вместе с тем возможное использование подземных вод меняется не только от природно-климатических условий их формирования и распределения, но также от наличия водных ресурсов и социально-экономического развития каждой страны [2]. Многие страны и регионы испытывают постоянный дефицит воды или частые засухи. Локальные водные проблемы нередко приводят к межгосударственным конфликтам. Многие сценарии прогрессирующего социально-экономического и демографического

роста прогнозируют водный кризис в мире [2]. По сравнению с современной и перспективной потребностью доступное количество пресной воды на Земле ограничено, особенно если учесть продолжающееся загрязнение окружающей среды.

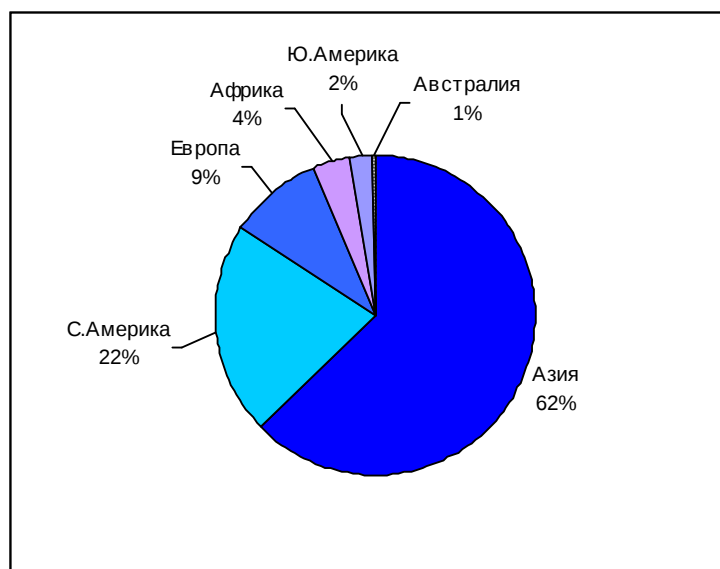


Рисунок 9. Распределение отбора ресурсов подземных вод по континентам

При анализе современного водопотребления важно учитывать сложившуюся структуру использования воды в секторах экономики из основных источников в разных странах (таблица 6). Как уже отмечалось, основное количество подземных вод в мире используется в сельском хозяйстве для орошения – до 50—70 %, остальная часть в промышленности (до 25 %) и в коммунальном хозяйстве – 25—30 %. Потребление воды в сельском хозяйстве преобладает, прежде всего, в развивающихся странах, в развитых странах Европы, Канаде и Австралии преобладает использование воды в промышленности, а в США потребление воды в сельском хозяйстве и промышленности примерно одинаково [2].

Однако в России в соответствии с водным кодексом пресные подземные воды имеют приоритетное использование для хозяйственно -питьевого обеспечения населения. Пресные подземные воды высокого качества следует сохранить для будущих поколений. Отбор подземных вод в 2000 г., включая шахтный и карьерный водоотлив, составил 12,1 км³/год. Для различных целей используется примерно 10 км³/год, или 83 % добытой воды. Удельное использование подземных вод в России не превышает в целом 70 м³/год на 1 человека, из которых 53 м³/(год*чел) - на хозяйственно-питьевое водоснабжение

Использование их в промышленности или на орошение допускается только в тех случаях, если имеющиеся ресурсы подземных вод достаточны для удовлетворения

современных и перспективных потребностей в хозяйственно -питьевом водоснабжении и при наличии специального разрешения природоохранных органов. Именно этим объясняется небольшая доля (около 2 %) использования подземных вод для орошения в России. Вместе с тем использование пресных подземных вод в промышленности остается весьма высоким (около 22 % общего отбора подземных вод в 2000 г. – 12.1 км³/год). В настоящее время доля подземных вод в водоснабжении населения России составляет около 46 % (41 % в коммунальном и 83 % в сельскохозяйственном водоснабжении). Однако хозяйственно-питьевое водоснабжение таких крупных городов, как Москва и Санкт-Петербург, до сих пор базируется на незащищенных от загрязнения поверхностных водах.

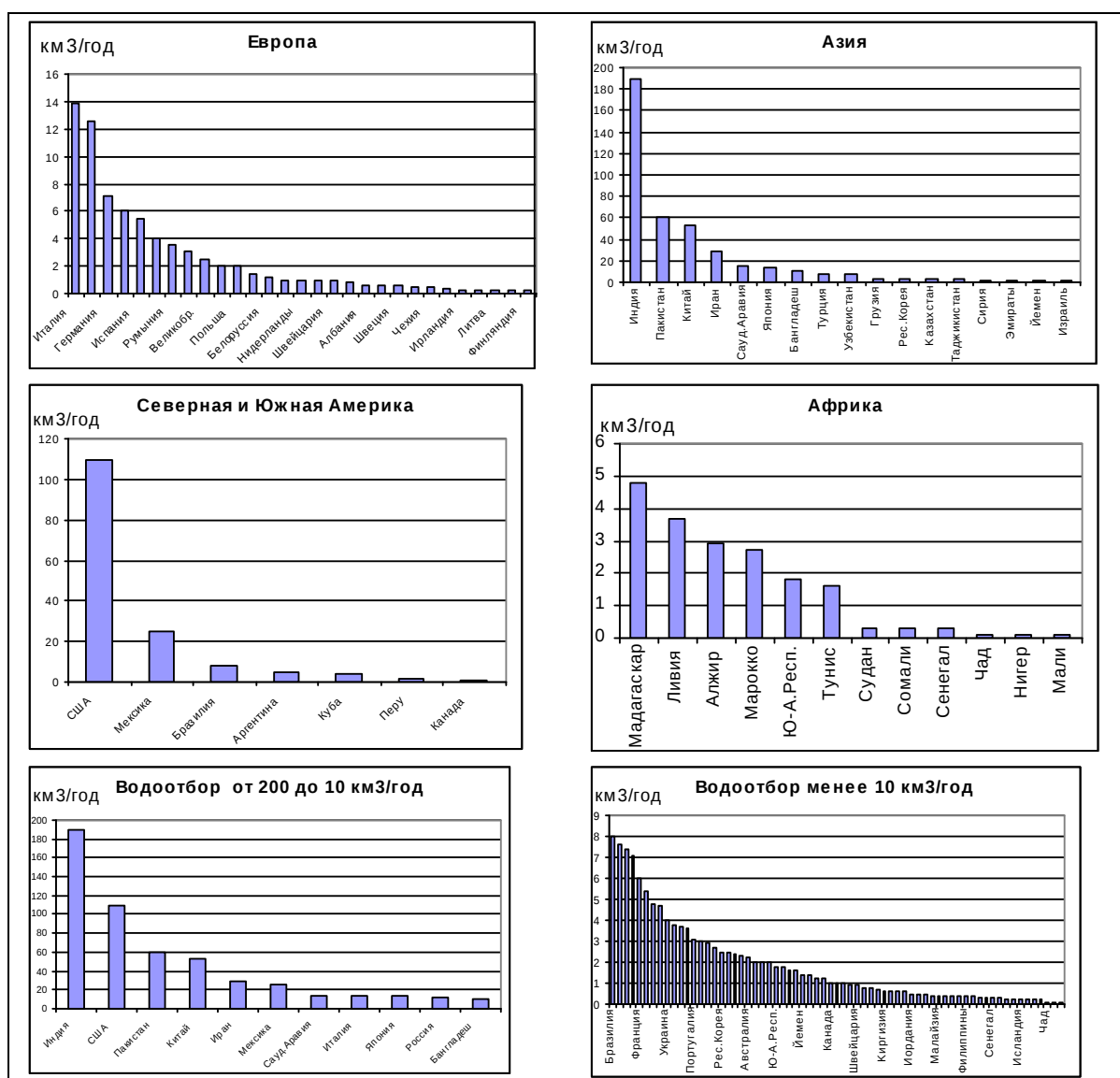


Рисунок 10. Отбор подземных вод по странам Мира

Таблица 5

Суммарный и удельный отбор поверхностных и подземных вод в Море

Континент	Поверхностные воды, тыс. м ³ /год			Подземные воды, тыс. м ³ /год			Соотношение отбора поверхностных и подземных вод, %
	Суммарный, км ³ /год	на 1 км ²	на 1 жителя	Суммарный, км ³ /год	на 1 км ²	на 1 жителя	
	% от ресурсов			% от ресурсов			
Европа	463/16	44	0.7	74/7	7.0	0.1	16
Азия	2357/17	53	0.7	407/12	9.2	0.1	17
Африка	235/6	8	0.3	24/2	0.8	0.03	10
Сев.Америка	705/9	29	1.6	140/7	5.7	0.3	20
Юж.Америка	182/2	10	0.6	15/<1	0.8	0.05	8
Австралия	33/9	4.3	1.8	2.2/2	0.3	0.1	7
Вся суша	3975/9	29.2	0.7	662/6	4.9	0.1	17
В т.ч. Россия	73/2	4.3	0.5	12.1/1.3	0.8	0.1	17

Разведанные эксплуатационные запасы подземных вод России, пригодные для коммунального, промышленного и сельскохозяйственного водоснабжения, составляют около 32.6 км³/год (на январь 2002 г.), что едва превышает 10 % от прогнозных ресурсов пресных и солоноватых подземных вод с минерализацией до 3 г/л. В России разведаны около 4500 месторождения подземных вод, из которых 1990 находятся в эксплуатации (2002 г.).

Таблица 6

Использование ресурсов подземных вод Мира в секторах экономики

Континент	Ресурсы, км ³ /год	Отбор, км ³ /год	Использование подземных вод по секторам экономики*, %		
			Коммунальное хозяйство	Промышленность	сельское хозяйство
Европа	1050	77.6	49	27	24
Азия	3246	411	31	20	48
Африка	1129	25	29	3	68
Сев.Америка	2132	140	22	24	53
Юж.Америка	3656	15	25	19	56
Австралия (без Океании)	97	2.2	10	25	65
Вся суша	11524	670	28	20	52

*По неполным данным [13].

Экологическую опасность представляет ухудшение качества и загрязнение подземных вод на водозаборах питьевого водоснабжения, которые отмечены на 749 водозаборах (включая одиночные скважины).

Заключение

Вариации климата в последние десятилетия приводят к изменению условий формирования и распределения ресурсов поверхностных и подземных вод, доступных для

хозяйственного освоения. Демографический рост и интенсивное развитие экономики во многих странах Мира вызывают рост потребления ограниченных ресурсов пресных и слабоминерализованных вод. Это может вызвать не только напряженность, но и кризисные ситуации в некоторых, прежде всего, засушливых регионах, где расположены основные развивающиеся страны. Существенное ограничение на использование пресных вод оказывает возрастающее загрязнение окружающей среды. При этом ухудшение качества поверхностных вод исключает или ограничивает их использование для хозяйственно-питьевых целей. В связи с этим значение подземных вод как более защищенного и распространенного ресурса возрастает. Их рачительное использование диктует необходимость долговременной эксплуатации, в расчете на будущие поколения. Поэтому оценка современных и перспективных восполняемых ресурсов подземных вод имеет не только научное, но и практическое значение. Важность этой задачи очевидна.

Литература

1. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия /Отв. ред.: Н.И. Коронкевич, И. С. Зайцева/ – М.: Наука, 2003. 367с.
2. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты. – М.: Наука, 2006. 221 с.
3. Джамалов Р.Г. и др. Подземный сток бассейна реки Волги и его изменения под влиянием климата и антропогенных воздействий. — Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна», № 1 (16), июнь 2007. с.16 -22.
4. Джамалов Р.Г. Подземный сток на территории России и его изменения в начале XXI в. под влиянием климата и хозяйственной деятельности на водосборах. — Сб. материалов научной экологической конференции «Молодежь за безопасную окружающую среду для устойчивого развития». Дубна, 2007. с. 114 -130
5. Джамалов Р.Г. и др. Изменение подземного стока под влиянием климата и антропогенных воздействий // Водные ресурсы. 2008. Т.35. № 1. С.17 -24
6. Голубев Г.Н., Н.М. Дронин, Д. Алькамо, М. Эндеян, А.П. Кириленко. Моделирование влияния изменения климата на продовольственные и водные ресурсы России. Сборник «Устойчивое развитие и водные ресурсы» - М.: Изд-во «Проспект», 2005. – С.202-207.
7. Сотникова Л.Ф. Гидрологические основы управления водноресурсными системами // Обоснование стратегии управления водными ресурсами. М.: Науч. Мир, 2006. С. 247-270.

8. Шикломанов И.А., Шикломанов А.И. Изменения климата и динамика притока речных вод в Северный Ледовитый океан. Водные ресурсы, том 30, №6, 2003. С. 645-654
9. Dzhamalov R.G., Zektser I.S., Krichevets G.N., Safronova T.I. Variations in groundwater runoff as a water balance component in large regions under the affect of natural and anthropogenic impacts in the beginning of the 21st century. Тр. Межд. Симпозиума «Taiwan-Russia Bilateral Symposium on Water and Environmental Technology» Taiwan, Taipei. 2005 . P. 131-142.
10. Dzhamalov R.G., Zektser I.S., Krichevets G.N. Changes in Groundwater Resources under the Effect of Global Climate Changes. Taiwan -Russia Bilateral Symposium on Water and Environmental Technology, Taiwan, Tainan, 2007, pp. 108 -120.
11. World Map of Hydrogeological Conditions and Groundwater Flow, scale 1:10 000 000 (Editors-in-Chief R.G. Dzhamalov, I.S. Zektser). Hydroscience Press, USA, 1999
12. World water resources at the beginning of the 21st century. Project of IHP UNESCO. Editor Shiklomanov I.A. St. Petersburg, 1999
13. World Resources 1998-99. New York 1998, 2000. 369 p.
14. Doll P. and Fiedler K. Global-scale modeling of groundwater recharge . Hydrology and Earth System Sciences Discussions, www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/4/4069/2007/ pp.4069–4124

Ресурсы подземных, поверхностных вод и удельная водообеспеченность по странам Мира

№ п/п	Страна	Площадь, тыс. км2	Население, 10 ⁶	Естественные ресурсы подземных вод (подземный сток)		Ресурсы поверхност ных вод (речной сток), км3/год	Соотноше ние естест. ресурсов подз. вод с общим речным стоком, %	Водообеспеченность страны, тыс. м3/год			
								Ресурсами подземных вод вод,		Общим водными ресурсами	
				м3/с	км3/год			1 км2	1 жителя	1 км2	1 жителя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Европа											
1	Австрия	83,9	8,080	1139,7	35,9	-	-	427,9	4,4	-	-
2	Албания	28,7	3,134	152,4	4,8	19,1	25,1	167,2	1,5	665,5	6,1
3	Андора	0,5	0,065	3,5	0,1	-	-	236,4	1,7	-	-
4	Белоруссия	207,6	10,187	752,4	23,7	-	-	114,2	2,3	-	-
5	Бельгия	30,5	10,249	120,6	3,8	8,4*	45,2	124,6	0,4	275,4	0,8
6	Болгария	110,9	7,949	152,4	4,8	18,0*	26,7	43,3	0,6	162,3	2,2
7	Босния и Герцоговина	51,0	3,977	787,3	24,8	-	-	486,3	6,2	-	-
8	Ватикан	0,0004	0,001	0,002	0,0001	-	-	126,0	0,1	-	-
9	Великобритания	244,7	59,415	1885,7	59,4	-	-	242,7	1,0	-	-
10	Венгрия	93,0	9,968	190,5	6,0	-	-	64,5	0,6	-	-
11	Германия	357,0	82,017	1612,7	50,8	-	-	142,3	0,6	-	-
12	Греция (вкл. Кипр и Крит)	132,0	10,610	1361,9	42,9	-	-	325,0	4,0	-	-
13	Дания	43,0	5,320	172,0	5,4	11,0*	49,3	126,0	1,0	255,8	2,1
14	Ирландия	70,3	3,803	527,3	16,6	47,0*	35,3	236,3	4,4	668,6	12,7
15	Исландия	103,0	0,279	939,7	29,6	168,0*	17,6	287,4	106,1	1631,1	560,0
16	Испания	505,9	39,910	1133,3	35,7	109,0	32,8	70,6	0,9	215,5	2,7
17	Италия (вкл. Сардинию и Сицилию)	301,2	57,530	1511,1	47,6	159,4*	29,9	158,0	0,8	529,2	2,7
18	Латвия	64,6	2,421	244,4	7,7	15,9	48,4	119,2	3,2	246,1	6,6
19	Литва	65,2	3,696	339,7	10,7	-	-	164,1	2,9	-	-
20	Лихтенштейн	0,2	0,031	2,4	0,1	-	-	472,5	2,4	-	-
21	Люксембург	2,6	0,441	19,5	0,6	-	-	236,3	1,4	-	-
22	Македония	25,7	2,034	155,6	4,9	-	-	190,7	2,4	-	-
23	Мальта	0,3	0,400	0,2	0,005	-	-	15,8	0,01	-	-

Приложение 1. (Продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
24	Молдова	33,7	4,295	16,9	0,5	1,2	44,2	15,8	0,1	35,6	0,3
25	Монако	0,002	0,032	0,015	0,0005	-	-	236,3	0,01	-	-
26	Нидерланды	41,5	15,864	166,0	5,2	10,0*	52,3	126,0	0,3	241,0	0,6
27	Норвегия	324,2	4,469	1295,2	40,8	384,0*	10,6	125,8	9,1	1184,5	87,3
28	Польша	322,6	38,605	990,5	31,2	-	-	96,7	0,8	-	-
29	Португалия	92,1	10,016	209,5	6,6	18,5	35,7	71,7	0,7	200,9	1,8
30	Российская Федерация (площадь и население Европейской территории России)	3957,9	106,037	6120,6	192,8	1375,4	14,0	48,7	1,8	347,5	13,0
31	Румыния	237,5	22,438	711,1	22,4	37,0*	60,5	94,3	1,0	155,8	1,6
32	Сан-Марино	0,1	0,025	0,03	0,001	-	-	15,5	0,04	-	-
33	Сербия и Черногория	102,2	10,552	603,2	19,0	-	-	185,9	1,8	-	-
34	Словакия	49,0	5,399	139,7	4,4	30,8*	14,3	89,8	0,8	628,6	5,8
35	Словения	20,3	1,988	336,5	10,6	-	-	522,2	5,3	-	-
36	Украина	603,7	49,568	634,9	20,0	51,2	39,1	33,1	0,4	84,8	1,0
37	Финляндия	338,0	5,172	1349,2	42,5	110,0*	38,6	125,7	8,2	325,4	21,6
38	Франция (вкл. Корсику)	551,0	59,238	4034,9	127,1	-	-	230,7	2,1	-	-
39	Хорватия	56,6	4,654	622,2	19,6	61,4*	31,9	346,3	4,2	1084,8	12,8
40	Чехия	78,9	10,272	184,1	5,8	58,2*	10,0	73,5	0,6	737,6	5,7
41	Швейцария	41,3	7,170	631,7	19,9	42,5*	46,8	481,8	2,8	1029,1	6,1
42	Швеция	450,0	8,842	1800,0	56,7	164,0	34,6	126,0	6,4	364,4	18,5
43	Эстония	45,2	1,393	282,5	8,9	-	-	196,9	6,4	-	-
	Итого	9867,6	687,546	33333,3	1050,0	2900,0	36,2	107,0	1,5	295,4	4,2
Азия											
1	Азербайджан	86,6	8,041	251,3	7,9	-	-	91,4	1,0	-	-
2	Армения	29,8	3,787	175,6	5,5	-	-	185,6	1,5	-	-
3	Афганистан	652,3	21,765	872,9	27,5	55,0*	50,0	42,2	1,3	84,3	3,0
4	Бангладеш	148,4	137,439	1814,4	57,2	1357,0*	4,2	385,1	0,4	9144,2	10,4
5	Бахрейн	0,7	0,600	0,03	0,001	-	-	1,4	0,002	-	-
6	Бруней-Даруссалам	5,8	0,314	87,0	2,7	-	-	472,5	8,7	-	-
7	Бутан	46,5	2,085	286,7	9,0	95,0*	9,5	194,2	4,3	2043,0	52,8
8	Вьетнам	330,0	78,137	2873,0	90,5	376,0*	24,1	274,2	1,2	1139,4	4,9
9	Грузия	69,7	5,262	671,0	21,1	51,1	41,4	303,2	4,0	733,1	9,7
10	Израиль	14,1	6,040	10,5	0,3	1,7*	19,5	23,5	0,1	120,6	0,3
11	Индия	3287,6	1008,94	10849,0	341,7	1456,0	23,5	103,9	0,3	442,9	1,4

Приложение 1. (Продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	Индонезия	1919,4	212,092	12476,4	393,0	2530,0*	15,5	204,8	1,9	1318,1	10,8
	В том числе: о. Суматра	427,4	-	1850,2	58,3	-	-	-	-	-	-
	о. Ява	126,7	-	765,5	24,1	-	-	-	-	-	-
	о. Калимантан	480,0	-	3273,0	103,1	-	-	-	-	-	-
	о. Сулавеси	178,7	-	524,2	16,5	-	-	-	-	-	-
	о-ва Новая Гвинея	440,0	-	4998,8	157,5	-	-	-	-	-	-
	Мелкие о-ва	247,3	-	90,9	2,9	-	-	-	-	-	-
13	Иордания	91,8	4,913	34,6	1,1	-	-	11,9	0,2	-	-
14	Ирак	438,3	22,946	506,9	16,0	35,2*	45,4	36,4	0,7	80,3	1,6
15	Иран	1648,0	70,330	1204,3	37,9	128,2*	29,6	23,0	0,5	77,8	2,0
16	Йеменская республика	532,0	18,349	50,5	1,6	4,1*	38,8	3,0	0,1	7,7	0,2
17	Казахстан	2717,3	16,172	2438,0	76,8	-	-	28,3	4,7	-	-
18	Камбоджа	181,0	13,104	669,8	21,1	88,1*	23,9	116,5	1,6	486,6	6,7
19	Катар	11,4	0,565	0,6	0,0	-	-	1,6	0,0	-	-
20	Киргизия	198,5	4,921	653,8	20,6	48,9	42,1	103,8	4,2	246,3	9,9
21	Китай	9632,9	1275,13	14685,7	462,6	2700,0	17,1	48,0	0,4	280,3	2,1
	В том числе: о. Тайвань			375,0	11,8						
	о. Хайнань	-	-	190,0	6,0	-	-	-	-	-	-
22	Корейская народно- демократическая республика	122,8	22,268	518,3	16,3	67,0	24,4	133,0	0,7	545,6	3,0
23	Республика Корея	98,5	46,740	659,8	20,8	66,1	31,4	211,0	0,4	671,2	1,4
24	Кувейт	17,8	1,914	6,7	0,2	-	-	11,9	0,1	-	-
25	Лаос	236,8	5,279	2073,0	65,3	270,0*	24,2	275,8	12,4	1140,2	45,6
26	Ливан	10,4	3,496	18,3	0,6	2,8	20,6	55,4	0,2	269,2	0,8
27	Малайзия	329,8	22,218	2967,8	93,5	456,0*	20,5	283,5	4,2	1382,9	19,7
28	Мальдивы	0,3	0,300	0,6	0,02	-	-	63,4	0,1	-	-
29	Монголия	1565,0	2,533	469,5	14,8	24,6*	60,1	9,5	5,8	15,7	9,1
30	Мьянма	678,5	47,749	4971,4	156,6	1082,0*	14,5	230,8	3,3	1594,7	22,5
31	Непал	140,8	23,043	915,2	28,8	170,0*	17,0	204,8	1,3	1207,4	6,4
32	Объединенные Арабские Эмираты	83,6	2,606	4,2	0,1	7,0*	1,9	1,6	0,1	83,7	2,8
33	Оман	212,4	2,538	10,6	0,3	-	-	1,6	0,1	-	-

Приложение 1. (Продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
34	Пакистан	803,9	141,256	1164,0	36,7	85,0	43,1	45,6	0,3	105,7	0,6
35	Российская Федерация (площадь и население Азиатской территории России)	13119,6	39,130	22907,9	721,6			55,0	18,4		
36	Саудовская Аравия	2240,0	20,346	114,3	3,6	-	-	1,6	0,2	-	-
37	Сингапур	0,6	3,100	1,3	0,04	0,6*	6,8	64,1	0,01	939,0	0,2
38	Сирия	185,2	16,189	147,3	4,6	-	-	25,1	0,3	-	-
39	Таджикистан	143,1	6,087	583,0	18,4	47,2	38,9	128,3	3,0	329,8	7,8
40	Тайланд	514,0	62,806	1953,2	61,5	199,0	30,9	119,7	1,0	387,2	3,2
41	Туркменистан	488,0	4,737	24,4	0,8	-	-	1,6	0,2	-	-
42	Турция	799,4	66,668	1938,8	61,1	196,0*	31,2	76,4	0,9	245,2	3,1
43	Узбекистан	447,4	24,881	1032,0	32,5	-	-	72,7	1,3	-	-
44	Филиппины	300,0	75,653	4710,0	148,4	323,0*	45,9	494,6	2,0	1076,7	3,8
	В том числе:										
	о. Лусон	105,9	-	1588,2	50,0	-	-	-	-	-	-
	о. Минданао	95,3		1779,6	56,1	-	-	-	-	-	-
45	Шри-Ланка	65,6	18,924	1121,9	35,3	-	-	538,6	1,9	-	-
46	Япония	377,8	127,096	4118,4	129,7	547,0*	23,7	343,3	1,0	1447,7	4,3
	о. Хоккайдо	78,1	-	331,8	10,5	-	-	-	-	-	-
	о. Хонсю	227,4	-	2605,3	82,1	-	-	-	-	-	-
	о. Сикоку	17,8	-	267,0	8,4	-	-	-	-	-	-
	о. Кюсю	42,0	-	840,0	26,5	-	-	-	-	-	-
	Итого	45023,4	3698,49	103038,1	3245,7	13510,0	24,0	72,1	0,9	300,1	3,7
Африка											
1	Алжир	2382,0	30,291	150,6	4,7	13,9	34,1	2,0	0,2	5,8	0,5
2	Ангола	1247,0	13,134	1675,8	52,8	158,0	33,4	42,3	4,0	126,7	12,0
3	Бенин	112,6	6,272	67,0	2,1	15,0	14,1	18,7	0,3	133,2	2,4
4	Ботсвана	600,4	1,541	84,5	2,7	9,0	29,6	4,4	1,7	15,0	5,8
5	Буркина-Фасо	274,4	11,535	137,0	4,3	14,7	29,4	15,7	0,4	53,6	1,3
6	Бурунди	27,8	6,356	33,9	1,1	3,6	29,7	38,4	0,2	129,5	0,6
7	Габон	267,7	1,230	1725,0	54,3	205,0	26,5	203,0	44,2	765,8	166,7
8	Гамбия	11,3	1,303	10,2	0,3	4,0	8,1	28,4	0,2	351,3	3,0
9	Гана	238,5	19,306	742,0	23,4	70,0	33,4	98,0	1,2	293,5	3,6
10	Гвинея	246,0	8,154	838,0	26,4	226,0	11,7	107,3	3,2	918,7	27,7
11	Гвинея-Биссау	36,1	1,199	164,0	5,2	31,0	16,7	143,1	4,3	858,7	25,9

Приложение 1. (Продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	Египет	1001,4	67,884	50,0	1,6	4,0	39,4	1,6	0,0	4,0	0,1
13	Демократич республика Конго (Заир)	2345,0	50,948	9690,5	305,3	987,0	30,9	130,2	6,0	420,9	19,4
14	Замбия	752,6	10,421	1081,0	34,1	96,0	35,5	45,2	3,3	127,6	9,2
15	Западная Сахара	266,0	0,223	13,3	0,4	1,1	38,1	1,6	1,9	4,1	4,9
16	Зимбабве	309,8	12,627	243,5	7,7	23,0	33,3	24,8	0,6	74,2	1,8
17	Камерун	475,4	14,876	2685,0	84,6	268,0	31,6	177,9	5,7	563,7	18,0
18	Кения	582,6	30,669	389,1	12,3	37,0	33,1	21,0	0,4	63,5	1,2
19	Конго	342,0	3,018	1368,0	43,1	181,0	23,8	126,0	14,3	529,2	60,0
20	Кот-д'Ивуар	322,5	16,013	1298,0	40,9	133,0	30,7	126,8	2,6	412,4	8,3
21	Лесото	30,4	2,035	45,5	1,4	4,0	35,8	47,1	0,7	131,6	2,0
22	Либерия	111,4	2,913	724,0	22,8	232,0	9,8	204,7	7,8	2082,6	79,6
23	Ливия	1176,0	5,290	88,0	2,8	5,3	52,4	2,4	0,5	4,5	1,0
24	Мавритания	1030,7	2,665	99,0	3,1	-	-	3,0	1,2	-	-
25	Мадагаскар	587,0	15,970	3450,0	108,7	395,0	27,5	185,1	6,8	672,9	24,7
26	Малави	118,5	11,308	89,0	2,8	9,0	31,2	23,7	0,2	75,9	0,8
27	Мали	1240,0	11,351	650,0	20,5	50,0	41,0	16,5	1,8	40,3	4,4
28	Марокко	446,6	29,878	312,3	9,8	32,0	30,7	22,0	0,3	71,7	1,1
29	Мозамбик	799,4	18,292	641,5	20,2	58,0	34,8	25,3	1,1	72,6	3,2
30	Намибия	824,3	1,757	86,2	2,7	9,0	30,2	3,3	1,5	10,9	5,1
31	Нигер	1267,0	10,832	146,8	4,6	-	-	3,6	0,4	-	-
32	Нигерия	923,8	113,862	1722,0	54,2	274,0	19,8	58,7	0,5	296,6	2,4
33	Руанда	26,4	7,609	53,1	1,7	6,3	26,6	63,4	0,2	238,6	0,8
34	Свазиленд	17,4	0,925	85,0	2,7	23,0	11,6	154,2	2,9	1324,9	24,9
35	Сенегал	208,0	9,421	173,5	5,5	17,4	31,4	26,3	0,6	83,7	1,8
36	Сомали	637,7	8,778	131,4	4,1	11,9	34,8	6,5	0,5	18,7	1,4
37	Судан	2500,0	31,095	239,8	7,6	34,6	21,8	3,0	0,2	13,8	1,1
38	Сьерра-Лионе	72,3	4,405	430,0	13,5	160,0	8,5	187,3	3,1	2213,0	36,3
39	Танзания	945,1	35,119	852,5	26,9	76,0	35,3	28,4	0,8	80,4	2,2
40	Того	56,6	4,527	82,0	2,6	8,4	30,8	45,6	0,6	148,4	1,9
41	Тунис	163,6	9,459	47,5	1,5	4,6	32,5	9,1	0,2	28,1	0,5
42	Уганда	236,0	23,300	577,0	18,2	66,0	27,5	77,0	0,8	279,7	2,8
43	Центр. Африканская республика	623,0	3,717	461,5	14,5	44,8	32,4	23,3	3,9	71,9	12,1
44	Чад	1284,0	7,885	161,7	5,1	10,4	49,0	4,0	0,6	8,1	1,3
45	Экваториальная Гвинея	28,0	0,457	210,0	6,6	30,0	22,1	236,3	14,5	1071,4	65,6

Приложение 1. (Продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
46	Эритрея	125,0	3,659	125,0	3,9	-	-	31,5	1,1	-	-
47	Эфиопия	1096,0	62,908	1096,0	34,5	115,0	30,0	31,5	0,5	104,9	1,8
48	Южно-Африканская республика	1221,0	43,309	628,0	19,8	59,0	33,5	16,2	0,5	48,3	1,4
	Итого	29636,3	789,726	35854,0	1129,4	4050,0	27,9	38,1	1,4	136,7	5,1
Северная Америка											
1	Белиз	23,0	0,226	114,5	3,6	16,4	22,0	156,8	16,0	712,8	72,5
2	Гаити	27,8	8,142	88,0	2,8	6,6	42,3	99,7	0,3	235,7	0,8
3	Гватемала	109,0	11,385	835,0	26,3	116,0	22,7	241,3	2,3	1064,2	10,2
4	Гондурас	112,0	6,417	688,0	21,7	102,0	21,2	193,5	3,4	910,7	15,9
5	Доминиканская республика	48,7	8,373	157,4	5,0	12,1	41,0	101,8	0,6	248,3	1,4
6	Канада	9971,0	30,757	31577,5	994,7	3287,0	30,3	99,8	32,3	329,7	106,9
7	Куба	110,9	11,199	314,4	9,9	34,7	28,5	89,3	0,9	312,9	3,1
8	Коста-Рика	51,1	4,024	786,0	24,8	110,0	22,5	484,5	6,2	2152,6	27,3
9	Мексика	1958,2	98,872	3901,5	122,9	345,0	35,6	62,8	1,2	176,2	3,5
10	Никарагуа	130,0	5,071	671,0	21,1	176,0	12,0	162,6	4,2	1353,8	34,7
11	Панама	77,1	2,856	907,0	28,6	144,0	19,8	370,6	10,0	1867,7	50,4
12	Сальвадор	21,4	6,278	68,5	2,2	18,9	11,4	100,8	0,3	883,2	3,0
13	США	9363,2	283,230	27485,0	865,8	2930,0	29,5	92,5	3,1	312,9	10,3
14	Ямайка	11,5	2,576	77,0	2,4	8,2	29,6	210,9	0,9	713,0	3,2
	Итого	22014,9	479,406	67670,8	2131,6	7890,0	27,0	96,8	4,4	358,4	16,5
Южная Америка											
1	Аргентина	2800,0	37,032	3154,0	99,4	270,0	36,8	35,5	2,7	96,4	7,3
2	Боливия	1098,6	8,329	4080,5	128,5	361,0	35,6	117,0	15,4	328,6	43,3
3	Бразилия	8512,0	170,406	72615,0	2287,4	6220,0	36,8	268,7	13,4	730,7	36,5
4	Венесуэла	912,1	24,170	3983,5	125,5	760,5	16,5	137,6	5,2	833,8	31,5
5	Гайана	215,0	0,761	1052,5	33,2	270,0	12,3	154,2	43,6	1255,8	354,8
6	Гвиана	91,2	0,165	391,0	12,3	307,9	4,0	135,0	74,6	3376,2	1866,1
7	Колумбия	1141,7	42,105	12953,5	408,0	1200,0	34,0	357,4	9,7	1051,1	28,5
8	Парагвай	406,8	5,496	1096,5	34,5	95,9	36,0	84,9	6,3	235,8	17,5
9	Перу	1285,2	25,662	9620,0	303,0	1100,0	27,5	235,8	11,8	855,9	42,9
10	Суринам	163,3	0,417	688,2	21,7	230,0	9,4	132,8	52,0	1408,5	551,6
11	Уругвай	186,9	3,337	762,0	24,0	68,0	35,3	128,4	7,2	363,8	20,4
12	Чили	756,9	15,211	2115,2	66,6	354,0	18,8	88,0	4,4	467,7	23,3

Приложение 1. (Окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	Эквадор	283,6	12,646	3547,5	111,7	265,0	42,2	394,0	8,8	934,4	21,0
	Итого	17853,3	345,737	116059,4	3655,9	12030,0	30,4	204,8	10,6	673,8	34,8
Австралия и Океания											
1	Австралия	7614,0	19,138	3083,1	97,1	352,0	27,6	12,8	5,1	46,2	18,4
2	Новая Зеландия	270,5	3,778	1186,0	37,4	313,0	11,9	138,1	9,9	1157,1	82,8
3	Папуа - Новая Гвинея	462,8	4,809	5619,0	177,0	801,0	22,1	382,5	36,8	1730,8	166,6
	Итого	8347,3	27,725	9888,2	311,5	2405,0*	13,0	37,3	11,2	288,1	86,7
Вся суша											
	Вся суша	132742,8	6028,63	365843,8	11524,1	42785,0	27,0	86,8	2,0	322,7	7,1
	В том числе Россия	17077,5	145,167	29028,2	914,4	4053,0	22,6	53,5	6,3	237,3	27,9

* - Величина речного стока дана с учетом вклада мелких островов .

Приложение 2

Водоотбор подземных вод по странам Мира

№ п/ п	Страна	Пло- щадь, тыс.км 2	Населе- ние, млн. чело- век	Ресурсы подземных вод, км3/год	Удельная водообеспечен- ность страны, тыс. км3/год		Водо- отбор, км3/год	Удельный водоотбор, тыс. м3/год		Отноше- ние водоот- бора к ресурсам подземны х вод, %	Использование подземных вод в секторах экономики, %		
					1 км2	1 жителя		1 км2	1 жителя		Кому- нальное хозяй- ство	Промы- шлен- ность	Сельское хозяй- ство
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Европа													
1	Албания	28,7	3,1	4,8	167,2	1,4	0,6	20,9	0,18	12,5	48		52
2	Австрия	83,9	8,1	35,9	427,9	4,5	1,4	16,7	0,18	3,9	52	43	5
3	Белоруссия	207,6	10,2	23,7	114,2	2,3	1,2	5,8	0,12	5,1	52	20	28
4	Бельгия	30,5	10,2	3,8	124,6	0,4	0,8	26,2	0,08	21,1	55	22	23
5	Болгария	110,9	7,9	4,8	43,3	0,6	5,0	4,5	0,60	104,2			
6	Великобрит.	244,7	59,4	59,4	242,7	1	2,5	10,2	0,04	4,2	51	47	2
7	Венгрия	93	10	6	64,5	0,6	1,0	10,8	0,10	16,7	35	48	17
8	Германия	357	82	50,8	142,3	0,6	7,1	19,9	0,09	14,0	48	47	5
9	Греция	132	10,6	42,9	325	4,1	2,0	15,2	0,19	4,7	37	5	58
10	Дания	43	5,3	5,4	126	1	0,9	20,9	0,17	16,7	40	22	38
11	Ирландия	70,3	3,8	16,6	236,3	4,5	0,2	2,8	0,05	1,2	35	38	27
12	Исландия	103	0,3	29,6	287,4	98,7	0,2	1,9	0,67	0,7			
13	Испания	505,9	39,9	35,7	70,6	0,9	5,4	10,7	0,14	15,1	18	2	80
14	Италия	301,2	57,5	47,6	158	0,8	13,9	46,1	0,24	29,2	39	4	57
15	Литва	65,2	3,7	10,7	164,1	2,9	0,2	3,1	0,05	1,9			
16	Нидерланды	41,5	15,9	5,2	126	0,3	1,0	24,1	0,06	19,2	32	45	23
17	Норвегия	324,2	4,5	40,8	125,8	9,3	0,4	1,2	0,09	1,0	27	73	
18	Польша	322,6	38,6	31,2	96,7	0,8	2,0	6,2	0,05	6,4	70	30	
19	Португалия	92,1	10	6,6	71,7	0,7	3,1	33,7	0,31	47,0	39	22	39
20	Россия*	17077,5	145,2	914,4	53,5	6,3	12,1	0,7	0,08	1,3	76	22	2
21	Румыния	237,5	22,4	22,4	94,3	1	3,6	15,2	0,16	16,1	61	38	1
22	Словакия	49	5,4	4,4	89,8	0,8	0,6	12,2	0,11	13,6			
23	Словения	20,3	2	10,6	522,2	5,6	0,2	9,9	0,11	1,9			
24	Украина	603,7	49,6	20	33,1	0,4	4,0	6,6	0,08	20,0	30	18	52
25	Финляндия	338	5,2	42,5	125,7	8,3	0,2	0,6	0,04	0,5	65	11	24
26	Франция	551	59,2	127,1	230,7	2,1	6,0	10,9	0,10	4,7	56	27	17
27	Чехия	78,9	10,3	5,8	73,5	0,6	0,5	6,3	0,05	8,6			

Приложение 2. (Продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
28	Швейцария	41,3	7,2	19,9	481,8	2,8	0,9	21,8	0,13	4,5	72	28	
29	Швеция	450	8,8	56,7	126	6,7	0,6	1,3	0,07	1,1	92	8	
	Всего	22520,6	696,3	1685,3			77,6			4,6	49	27	24
* - Водоотбор и другие данные для всей страны													
Азия													
1	Бангладеш	148,4	137,4	57,2	385,1	0,4	10,7	72,1	0,08	18,7	13	1	86
2	Вьетнам	330	78,1	90,5	274,2	1,2	0,8	2,4	0,01	0,9			
3	Грузия	69,7	5,3	21,1	303,2	3,9	3,0	43,0	0,56	14,2			
4	Израиль	14,1	6	0,3	23,5	0,1	1,2	85,1	0,20	400,0	18	2	80
5	Индия	3287,6	1008,9	341,7	103,9	0,3	190,0	57,8	0,18	55,6	9	2	89
6	Иордания	91,8	4,9	1,1	11,9	0,2	0,5	5,4	0,09	45,5	30	4	66
7	Ирак	438,3	22,9	16	36,4	0,7	0,2	0,5	0,01	1,3	50	40	10
8	Иран	1648	70,3	37,9	23	0,6	29,0	17,6	0,45	76,5			
9	Йемен	532	18,3	1,6	3	0,1	1,4	2,6	0,08	87,5			
10	Казахстан	2717,3	16,2	76,8	28,3	4,6	2,4	0,9	0,14	3,1	21	71	8
11	Киргизия	198,5	4,9	20,6	103,8	4,5	0,6	3,0	0,13	2,9	50	25	25
12	Китай	9632,9	1275,1	462,6	48	0,4	52,9	5,5	0,04	11,4	18	28	54
13	Рес. Корея	98,5	46,7	20,8	211	0,4	2,5	25,4	0,1	12,0			17
14	Кувейт	17,8	1,9	0,2	11,9	0,1	0,3	16,9	0,1	150,0			100
15	Ливан	10,4	3,5	0,6	55,4	0,2	0,4	38,5	0,1	66,7	13	9	78
16	Малайзия	329,8	22,2	93,5	283,5	4	0,4	1,2	0,02	0,4	62	33	5
17	Монголия	1565	2,5	14,8	9,5	5,5	0,4	0,3	0,1	2,7			
18	Эмираты	83,6	2,6	0,1	1,6	0,1	1,6	19,1	0,64	1600,0		19	81
19	Оман	212,4	2,5	0,3	1,6	0,2	0,4	1,9	0,18	133,3			
20	Пакистан	803,9	141,3	36,7	45,6	0,3	60,0	74,6	0,46	163,5			90
21	Сауд.Аравия	2240	20,3	3,6	1,6	0,2	14,4	6,4	0,74	400,0	10		90
22	Сирия	185,2	16,2	4,6	25,1	0,3	1,8	9,7	0,13	39,1	13	4	83
23	Таджики-стан	143,1	6,1	18,4	128,3	3,2	2,3	16,1	0,40	12,5			
24	Тайланд	514	62,8	61,5	119,7	1	0,7	1,4	0,01	1,1	60	26	14
25	Туркмения	488	4,7	0,8	1,6	0,2	0,4	0,8	0,09	50,0	53	9	38
26	Турция	799,4	66,7	61,1	76,4	1	7,6	9,5	0,12	12,4	31	9	60
27	Узбекистан	447,4	24,9	32,5	72,7	1,4	7,4	16,5	0,32	22,8	33	11	56
28	Филиппины	300	75,7	148,4	494,6	1,8	4,0	1,3	0,05	2,7	50	50	
29	Япония	377,8	127,1	129,7	343,3	1	13,6	36,0	0,11	10,5	29	41	30
	Всего	27724,9	3276	1755			410,9			23,4	31	20	48

Приложение 2. (Окончание)

Африка													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Алжир	2382	30,3	4,7	2	0,2	2,9	1,2	0,10	61,7	46	5	49
2	Египет	1001,4	67,9	1,6	1,6	0,025	5,3	5,3	0,08	331,3	58		42
3	Ливия	1176	5,3	2,8	2,4	0,6	3,7	3,1	0,76	132,1	9	4	87
4	Мавритания	1030,7	2,7	3,1	3	1,3	0,9	0,90	0,40	29,0			
5	Мадагаскар	587	16	108,7	185,1	7,3	4,8	8,2	0,32	4,4			
6	Мали	1240	11,4	20,5	16,5	1,9	0,1	0,1	0,01	0,5			
7	Марокко	446,6	29,9	9,8	22	0,3	2,7	6,0	0,09	27,6	16		84
8	Нигер	1267	10,8	4,6	3,6	0,5	0,1	0,1	0,01	2,2	58	4	38
9	Сенегал	208	9,4	5,5	26,3	0,6	0,3	1,4	0,03	5,5	24	4	72
10	Сомали	637,7	8,8	4,1	6,5	0,4	0,3	0,5	0,03	7,3			
11	Судан	2500	31,1	7,6	3	0,3	0,3	0,1	0,01	3,9			
12	Тунис	163,6	9,5	1,5	9,1	0,2	1,6	9,8	0,18	106,7	10	4	86
13	Чад	1284	7,9	5,1	4	0,8	0,1	0,1	0,02	2,0	29		71
14	Ю-А. Респ.	1221	43,3	19,8	16,2	0,5	1,8	1,5	0,04	9,1	11	6	83
15	Всего	15145	284,3	199,4			24,9			12,5	29	3	68
Северная Америка													
1	Канада	9971	30,8	994,7	99,8	33	1,0	0,1	0,03	0,1	34	32	34
2	Куба	110,9	11,2	9,9	89,3	0,9	3,8	34,3	0,34	38,4			
3	Мексика	1958,2	98,9	122,9	62,8	1,3	25,1	12,8	0,25	20,4	13	23	64
4	США	9363,2	283,2	865,8	92,5	3,2	109,8	11,7	0,39	12,7	20	18	62
	Всего	21403,3	424,1	1993,3			139,7			7,0	22	24	53
Южная Америка													
1	Аргентина	2800	37	99,4	35,5	2,8	4,7	1,7	0,13	4,7	11	19	70
2	Бразилия	8512	170,4	2287,4	268,7	14	8,0	0,9	0,05	0,3	38	24	38
3	Перу	1285,2	25,7	303	235,8	12,6	2,0	1,6	0,08	0,7	25	15	60
	Всего	12597,2	233,1	2689,8			14,7			0,5	25	19	56
Австралия и Океания													
1	Австралия	7614	19,1	97,1	12,8	5,2	2,2	0,3	0,12	2,3	13	20	67
Суммарный учетный водоотбор ресурсов подземных вод в Мире													
		132743	6028,6	11524,1			670,0			5,8			