

ОРОШАЕМЫЕ СТЕПНЫЕ ПОЧВЫ: ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ЭКОЛОГИЯ, ПРОДУКТИВНОСТЬ



**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ФОТОСИНТЕЗА,
ПУЩИНО**

В. Е. ПРИХОДЬКО

**ОРОШАЕМЫЕ СТЕПНЫЕ ПОЧВЫ:
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ,
ЭКОЛОГИЯ, ПРОДУКТИВНОСТЬ**

**МОСКВА
ИНТЕЛЛЕКТ
1996**

Научное издание

Ответственный редактор
доктор географических наук И. В. Иванов

Рецензент
доктор сельскохозяйственных наук С. А. Балюк

Приходько В. Е.

Орошаемые степные почвы: функционирование, экология, продуктивность.

М.: ИНТЕЛЛЕКТ, 1996, 168 стр.

Функционирование орошаемой почвы рассмотрено при взаимодействии временного процесса и пространственной формы (микро-, мезо- и макроуровень почвенного профиля). Впервые полно показана трансформация почв России под влиянием орошения в зависимости от складывающихся ситуаций в автоморфных и гидроморфных условиях, при разном качестве поливных вод, при различных минерализации и уровне залегания грунтовых вод и степени дренированности территории. Кроме того, выявлена направленность преобразования почв в результате применения различных мер их восстановления. Разработаны критерии оценки для пяти классов экологического состояния орошаемых почв. Почвы России на 19% площади переувлажнены, на 14% засолены, на больших территориях отмечается эрозия, потеря гумуса, карбонатов, почти повсеместно происходит ухудшение физических свойств, уплотнение (реже слитизация), ухудшение структуры почв. На первых стадиях эти процессы быстро фиксируются на микроуровне в пахотном горизонте, затем они проявляются на макроуровне в пахотном горизонте и в мезоструктурных отдельностях нижних горизонтах и постепенно распространяются на всю почвенную толщу. Выявлены основные процессы деградации почв при орошении и разработаны меры восстановления почв.

Книга адресована почвоведом, мелиораторам и экологам.

Работа выполнена и издана при финансовой поддержке **Российского фонда фундаментальных исследований** (проект 94-05-17518-а "Орошаемые почвы: функционирование, экология, продуктивность").

ISBN 5-87047-034-X

© В. Е. Приходько, 1996

**RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF SOIL SCIENCE AND PHOTOSYNTHESIS,
PUSHCHINO, RUSSIA**

V. YE. PRIKHOD'KO

**IRRIGATED STEPPE SOILS:
FUNCTIONING, ECOLOGY,
PRODUCTIVITY**

**MOSCOW
INTELLECT
1996**

Managing Editor:

I. V. Ivanov, d-r of geographical sciences

Reviewer:

S. A. Baiyk, d-r of agricultural sciences

V. E. Prikhod'ko.

Irrigated steppe soils: functioning, ecology, productivity.

Moscow: INTELLECT, 1996.

The functioning of irrigated soil was considered under interaction of temporal process and spatial forms (micro- mezo- and macrolevels of soil solum). Transformation of soils in Russia under the effect of irrigation in situations of automorphic and hydromorphic conditions, under different quality of irrigation waters, level and mineralization of groundwaters, drainability of the area was shown. Criteria for five classes of estimating their ecological state were worked out. Irrigated soils of Russia on 19% of the area are overwetted, on 14% are salinated, on large territories an erosion and loss of humus and carbonates take place, compacting (rarely slitization), deterioration of physical properties and structure are noted over the whole area. On the first stage these processes proceed rapidly at the microlevel in an arable horizon than they extend into all arable horizon and mezostructural separates into lower horizons, and are gradually include all soil thickness. Main degradation processes under irrigation are revealed and remediation measures were elaborated.

The book is destined for soil scientists, ameliorators, ecologists.

ISBN 5-87047-034-X

© V. E. Prikhod'ko, 1996

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА

Книга В. Е. Приходько, предлагаемая вниманию читателей, — заметное явление в литературе по почвоведению.

В книге на основании экспериментальных данных автора и анализа обширной научной литературы дана самая полная и комплексная характеристика орошаемых почв Поволжья. Ряд почвенных процессов и изменений свойств под влиянием орошения рассмотрены по структурным элементам почвенной массы, дан анализ вопросов о пространственном варьировании и значение размеров модельных участков для сравнения почв различных этапов и стадий развития. Изучены морфогенетическое строение, микроморфология, физические свойства, структурные особенности, водносолевой режим и обменная реакция, гумусное состояние почв и минералогический состав. Показана динамика изменения свойств по этапам изменения состояния орошаемых почв. В совокупности это позволило рассмотреть функционирование почв при орошении. На основании анализа сопряженно изменяющихся свойств орошаемых почв В. Е. Приходько выявила 16 почвенно-экологических ситуаций при орошении в зависимости от качества оросительных вод, глубины залегания и минерализации грунтовых вод, длительности орошения. Показаны прямые и обратные связи между ситуациями, возможности и пути управления ими.

Стиль изложения автора емкий и лаконичный. Выводы обоснованы многочисленными рисунками и таблицами, часть из которых приведены в приложении.

Рассматриваемая книга займет свое место в ряду известных монографических работ об орошаемых степных почвах, изданных в последнее время.

ВВЕДЕНИЕ

Мелиорация создает необходимые условия не только для ведения рационального сельскохозяйственного, лесного и других производств, но нередко и для самого существования человека.

Ф. Р. Зайдельман, 1996. С. 266

Орошаемые почвы являются золотым фондом любой страны. Затраты на ведение орошаемого земледелия в 3-5 выше, чем на богарных землях, но и отдача поливного клина гораздо больше, чем неорошаемого, кроме того, некоторые культуры без дополнительного увлажнения невозможно выращивать.

Познание функционирования орошаемых почв, с одной стороны, важно для понимания внутрипрофильных процессов, ответственных за плодородие и продуктивность, с другой стороны, оно определяет миграционные процессы и опасность загрязнения вод и продукции.

Площадь орошения в России за последние тридцать лет увеличилась в шесть раз, с 0,8 до 5,6 млн. га, в основном в степной зоне (88% общей площади ирригации). Орошаемые почвы входят в структуру современного степного ландшафта новым элементом, обуславливающим его направленное изменение, создается новая природная среда, в условиях которой по-иному протекают различные процессы, в том числе и почвенные.

Отношение к ирригации в нашей стране, начиная с дореволюционного времени подвержено конъюнктурным колебаниям, что затрудняет систематические научные исследования, особенно в настоящее время после дискредитации мелиорации. Ее забвение связано с тем, что поставленная перед мелиорацией задача — получение гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур не была выполнена. Причины этого проанализированы в трудах В. А. Ковды, Б. Г. Розанова, И. П. Айдарова, И. Н. Гого-

лева, В. В. Егорова, Ф. Р. Зайдельмана, С. В. Зонна, Б. А. Зимовца, Н. Г. Минашиной, С. А. Николаевой и др.

Просчеты и неудачи обводнительных мелиораций, во-первых, связаны с упрощенным подходом к почве, недоучетом ее внутренней сложной иерархии, небольшим опытом орошения в степной зоне и слабой изученностью многих процессов, протекающих в поливных землях, отсутствием ландшафтного, бассейнового, геосистемного и глобального подходов при проектировании объектов мелиорации, во-вторых, с низкой культурой земледелия вообще и на мелиорированных почвах в частности, в третьих, недостаточным финансированием, отсутствием “просвещенного землепользователя” (по В. В. Докучаеву) и его экономической заинтересованности в результатах своего труда.

Процессы, возникающие в орошаемых почвах, и направления изменения их свойств сложны и многообразны и имеют свою специфику для каждого региона. Некоторые из них были ясны из предыдущего опыта орошения, другие — были неизвестны.

Целью данной работы является исследование функционирования орошаемых степных почв, анализ экологических последствий ирригации и выработка мер их предотвращения, сравнение продуктивности и резервов ее повышения в различных районах степной зоны. Познание функционирования орошаемых почв, важно для понимания внутрипрофильных процессов, ответственных за плодородие и продуктивность и миграционных процессов, определяющих загрязнение вод и продукции.

Объектом нашего исследования являются почвы степного Поволжья. Поволжье — один из наиболее крупных районов орошаемого земледелия в России, второй по величине после Северо-Кавказского. Исследовался зональный ряд почв от обыкновенных черноземов до бурых пустынно-степных почв. Выбраны оросительные системы основных геоморфологических районов Поволжья: террас Волги, Сыртовой равнины, Прикаспийской низменности, долин малых рек. Проведены разносторонние исследования орошаемых почв, сделан акцент на наименее изученных проблемах, таких как гумусное состояние, минералогический состав, почвенная структура.

Орошаемые почвы изучались с учетом различных уровней их организации (микро-, мезо-, макро-), выполнены детальные исследования химического и минералогического состава различных элементов строения почв степной зоны и показаны направленность и масштабы их изменения при орошении. Это важно потому, что элементы строения почв, такие как серые затеки, кутаны, новообразования лежат на путях миграции почвенных рас-

творов, испытывают более сильное влияние дополнительного увлажнения, чем общая масса почв, и все изменения в них происходят быстрее.

В работе показано функционирование орошаемой почвы как сложноорганизованного природно-исторического тела. Функционирование орошаемой почвы рассмотрено при взаимодействии временного процесса и пространственной формы. Впервые полно представлена трансформация почв России под влиянием орошения в зависимости от складывающихся ситуаций в автоморфных и гидроморфных условиях при поливе водами разного качества, при различных минерализации и уровне залегания грунтовых вод и степени дренированности территории. Кроме того, выявлена направленность преобразования почв в результате применения мер их восстановления. Для каждой из 16 ситуаций показаны деградационные процессы и разработаны меры их восстановления. Составлена карта почвенно-мелиоративного и солевого состояния орошаемых почв России, даны критерии оценки для пяти классов их экологического состояния.

Установлено, что катастрофическое экологическое состояние складывается в Калмыкии и Дагестане. Почвы России на 21% площади переувлажнены, на 20% засолены, на больших территориях отмечается эрозия, потеря гумуса, карбонатов, почти повсеместно происходит ухудшение структуры почв, физических свойств, уплотнение (реже слитизация). На первых стадиях многие эти процессы быстро фиксируются на микроуровне в пахотном горизонте, затем они проявляются на макроуровне в верхних горизонтах и на путях миграции почвенных растворов в нижних горизонтах и постепенно распространяются на всю почвенную толщу.

В Азиатской части России эти проблемы с увеличением сроков ирригации могут быть даже острее, чем на Европейской территории, т.к. почвы имеют меньшие мощность профиля, запасы гумуса, гуматность, большую трещиноватость. Кроме того, орошение снижает температуру корнеобитаемого слоя, как за счет охлаждающего влияния поливных вод, так и возрастания холодоёмкости почвогрунтов.

Установлено, что Поволжье находится в более благоприятном положении по сравнению с другими регионами, т.к. поливы осуществляются в основном водой с небольшой минерализацией и преобладанием в ее составе кальция (95%), и орошаемые почвы (80%) имеют высокий кальциевый потенциал.

При проектировании и эксплуатации недостаточно применяется ландшафтный подход вследствие этого при орошении про-

исходит усиление поверхностного и дренажного стока, а также гумуса, питательных веществ, удобрений, пестицидов в реки и далее моря и океаны и приводит к нарушению сложившегося их равновесия и загрязнению. Рассмотрены основные функции и принципы организации ирригационного мониторинга почв.

В ходе исследований автора консультировали и поддерживали чл.-корр. РАН В. А. Ковда, д. г. н. И. В. Иванов, д. б. н. Т. А. Соколова.

Полевые работы на десяти оросительных системах Поволжья, знакомство с опытом ирригации многих других систем, сбор и обобщение фондовых и литературных материалов, а также комплексные лабораторные эксперименты, выполненные автором, служат основой представленной книги.

В совместных полевых работах участвовали д. г. н. И. В. Иванов, д. б. н. В. А. Демкин (ИПФС РАН, Пушкино), к. б. н. Т. К. Платонова, к. б. н. А. Н. Галибин, К. В. Заволжский (ВНИИГиМ, Энгельс), Е. С. Судьина, к. т. н. В. В. Бейлин (Средволгогипроводхоз, Самара), д. с-х. н. Е. И. Поротькин (Самарский НИИСХ), к. б. н. Л. М. Болтова (Саратовский ун-т), Н. Н. Тевилин (Астрахангипроводхоз) и многие другие сотрудники и студенты.

Автор признателен за помощь в проведении микроморфологических исследований к. б. н. С. В. Губину и Л. С. Песочиной (ИПФС РАН), в изучении минералогии илистой фракции — д. б. н. Т. А. Соколовой и к. б. н. Т. Я. Дроновой (МГУ им М. В. Ломоносова), минералогии крупной фракции — А. К. Копысовой (“Центргеология”). Большую помощь в выполнении химических анализов оказали Л. А. Лямшева, В. Н. Харитоновна, В. Т. Гурьева, к. с-х. н. Скрипниченко, С. С. Алейникова, Г. Е. Ершова, к. с-х. н. А. А. Волохова. В подготовке и оформлении монографии участвовали Д. В. Манахов и Е. В. Манахова.

Автор благодарен рецензенту настоящей книги д. с-х. н. С. А. Балюку за обсуждение материала и сделанные замечания. Особую признательность автор выражает д. г. н. И. В. Иванову, взявшему на себя труд научного редактирования монографии.

Благодаря поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 94-05-17518-а “Орошаемые почвы: функционирование, экология, продуктивность”) работа была завершена, книга написана и издана.

Автор глубоко благодарен и признателен всем оказавшим содействие и помощь в работе.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ОУ, ОС — орошаемый участок, оросительная система;
ГГМП — гидрогеолого-мелиоративная партия;
ГК, ФК — гуминовые кислоты и фульвокислоты;
ОрВ — оросительные воды;
ГВ, ИГВ — грунтовые воды, ирригационные грунтовые воды;
ППК — почвенный поглощающий комплекс;
ЕКО — емкость катионного обмена;
СПП — структура почвенного покрова;
ЭПП — элементарные почвообразовательные процессы;
ВТМ, МТМ — внутри и межтрещинная масса;
 R_2O_3 — полуторные оксиды;
ОВ — органическое вещество;
ДУ — дождевальная установка;
КПД — коэффициент полезного действия.

Номера орошаемых участков и оросительных систем:

1 — ОУ с-за им. Ленина,	Самарская обл.;
2 — Кутулукская ОС,	Самарская обл.;
3 — Безенчукский ОУ,	Самарская обл.;
4 — Таловская ОС,	Самарская обл.;
5 — Энгельсский ОУ ВолжНИГИМа,	Саратовская обл.;
6 — Ершовский ОУ,	Саратовская обл.;
7 — Палласовская ОС,	Волгоградская обл.;
8 — Валуйский ОУ,	Волгоградская обл.;
9 — Рыбацкий ОУ,	Астраханская обл.
n — количество разрезов.	

Почвы:

Чо, Чю — чернозем: обыкновенный, южный;

КЗ, К2, К1 — темно-каштановые, каштановые, светло-каштановые;

Бу — бурая пустынно-степная;

Сн — солонец;

Кл — луговато-каштановая;

Чл — луговато-черноземная;

Л — луговая;

ск, сн — солончаковатая и солонцеватая;

гор. Апах — пахотный горизонт.

Обозначения в таблицах и рисунках:

— целина;

Орошение для Бу: Бу[^] — дождеванием, Бу — напуском.

ГЛАВА 1

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ РОССИИ

Экологическая плата за орошаемое земледелие в целом для человечества и биосферы слишком высока, причем как сегодня, так и в перспективе особенно.

А. Б. Розанов, Б. Г. Розанов,
1990. С. 86.

Мелиорация, в частности орошение, является важнейшим компонентом рационального ведения сельскохозяйственного производства в аридных областях. В пустынно-степных регионах надежное функционирование и производство продукции земледелия без дополнительного увлажнения невозможно, в степных зонах — ирригация важнейшее условие получения гарантированных урожаев и устойчивого функционирования почв.

Этапы развития орошения. Современный период развития оросительных мелиораций России начался с 1966 г. На Майском пленуме ЦК КПСС была поставлена цель увеличения производства зерна путем орошения. Остро стояла и проблема получения кормов. Более 1 млн. га плодородных пойменных земель Волги (и огромные площади вдоль других рек) были затоплены в 50-е годы в результате строительства плотин и водохранилищ. Для компенсирования природной кормовой базы и гарантированного производства зерна начались крупномасштабный подъем воды и орошение водоразделов и высоких террас рек. Этот период можно разбить на два этапа. Этап экстенсивного развития ирригации с 1966 г. до конца 80-х годов и второй — забвение мелиорации. До 1966 г. площадь орошения составляла 1 млн. га. Северный Кавказ был главным регионом орошения (70% общей площади орошения), доля Поволжского и Восточно-Сибирского районов

составляла 3 и 11%, на остальные районы России приходилось 7%. В 70-е и 80-е годы созданы массивы орошения в Центральном, Центральном-Черноземном, Уральском, Западно-Сибирском районах, в три раза увеличилась площадь ирригации в Северо-Кавказском и в 13 раз — в Поволжском районе.

Построены магистральные каналы, крупные оросительные системы (ОС), созданы экспериментальные станции, гидрогеолого-мелиоративные партии (ГГМП) для слежения за мелиоративным состоянием орошаемых массивов.

Для запланированных крупномасштабных оросительных мелиораций на юге страны не хватало поливной воды. Поэтому началась разрабатываться проблема: "Разработать ... прогноз изменений почвенно-мелиоративных условий в связи с территориальным перераспределением стока...", которую выполняли многие научные институты страны. Дискуссионность многих аспектов перераспределения речного стока, начавшийся природный процесс подъема уровня Каспийского моря и резко негативное отношение к этой проблеме общественности были причиной закрытия темы. К сожалению, и на мелиорацию в целом это наложило отпечаток. В конце 80х годов возобладали резко отрицательные взгляды на ирригацию. В России период экстенсивного развития мелиорации в 1966-1980 гг., сменился ее забвением.

Площадь орошения для России составляет 5,6 млн. га. На степную и пустынно-степную зоны приходится 4,9 млн. га орошаемого клина. Наибольшим ареалом орошаемых земель (млн. га) характеризуется Северо-Кавказский район более 1,8, немного меньше площадь ирригации в Поволжском районе — 1,6, в Уральском, Западно-Сибирской, Восточно-Сибирском и Центральном-Черноземном районах она колеблется от 0,33 до 0,43 (табл. 1).

Нами оценено *экологическое состояние орошаемых почв* России по величине площади земель с неудовлетворительной мелиоративной обстановкой в процентах от площади орошаемых земель региона. В основу оценки положены критерии, разработанные во ВНИИГиМе и ВолжНИИГиМе. Неудовлетворительная мелиоративная обстановка в зависимости от региона определяется уровнем ГВ 1,25-2,2 м и их минерализацией более 1 г/л, глубиной залегания солевого горизонта выше 0,3 м, наличием земель, засоленных в средней и сильной степени в слое

Экологическое состояние орошаемых земель России (Кадастр, 1993)

РАЙОН область, край	Площадь (S)		Мелиоративное состояние, % от S орошения				Уровень ГВ, м % от S орошения			Засоление в слое 0—1 м ср. и всего		Эколо- гическое состо- яние
	оро- шения тыс. га	дре- нажа %	не орош. %	% от S орошения		% от S			ср. и всего силн.			
				хор.	уд.	неуд.	1-2	2-3		>5		
СЕВЕРНЫЙ	11	51	41	91	5	4				0	удовл.	
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ	369	33	46	58	37	5	54	18	14	0	удовл.	
ВОЛГО-ВЯТСКИЙ	167	11	61	75	24	1	23	17	24	0	удовл.	
ЦЕНТР.-ЧЕРНОЗЕМНЫЙ	386	6	23	94	5	1	13	6	73	0	удовл.	
ПОВОЛЖСКИЙ	1572	9	1	68	19	13	12	12	56	7	16 напряж.	
Астраханская обл.	224	34	0	32	49	19	46	23	19	24	58 напряж.	
Калмыкия	60	22	0	6	39	55	16	20	28	40	84 напряж.	
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ	1812	42	3	62	17	21	22	28	30	11	24 конфл.	
Краснодарский край	428	64	7	75	12	13	32	36	16	6	19 напряж.	
Ставропольский край	410	45	4	66	19	15	7	21	47	9	15 напряж.	
Ростовская обл.	359	44	0	63	16	21	21	24	31	5	19 конфл.	
Дагестан	365	26	0	24	26	50	42	41	0	32	56 напряж.	
УРАЛЬСКИЙ	430	3	2	78	17	5	11	15	47	3	9 удовл.	
ЗАПАДНО-СИБИРСКИЙ	376	9	4	77	16	7	6	13	51	4	12 удовл.	
Алтайский край	164	14	4	87	7	6	3	13	55	3	7 удовл.	
Омская обл.	103	8	5	71	16	13	8	21	28	9	29 напряж.	
ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ	316	4	3	39	49	12	36	18	30	2	9 напряж.	
Хакасия	52	29	4	0	71	29	29	24	31	8	15 конфл.	
Бурятия	144	0	2	29	64	7	58	18	9	0	удовл.	
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ	140	20	6	16	82	2	17	29	25	0	6 удовл.	
Приморский край	93	16	4	0	100	0	41	22	16	0	0 удовл.	
НЕЧЕРНОЗЕМНЫЙ	691	29	52	65	31	4	40	18	17	0	0 удовл.	
РОСВОДСТРОЙ	4926	20	11	66	20	14	17	18	45	7	16 напряж.	
Россия	5618	21	16	66	21	13	19	18	42	6	14 напряж.	

0-1 м. При количестве площадей с неудовлетворительной мелиоративной обстановкой меньше 10% складывается удовлетворительное, при 10-20% — напряженное, 21-30% — конфликтное, 31-50% — кризисное, при более 50% — катастрофическое экологическое состояние орошаемых земель. Предел выше 50% выбран за катастрофический, так как почвы на ОС с таким экологическим состоянием деградируют, на них невозможно земледелие, они списываются и выводятся из сельскохозяйственного производства. Для оценки экологического состояния орошаемых земель использовались данные ГМП и кадастра (Кадастр, 1993).

Выделили пять классов экологического состояния орошаемых земель в отдельных регионах: удовлетворительное, напряженное, конфликтное, кризисное и катастрофическое. Для их характеристики использовали определения, данные в работе Н. Ф. Глазовского и др. (1991). При *катастрофической* ситуации допустимые антропогенные нагрузки на ландшафты превышены во много раз, что приводит к необратимым изменениям природы, ее деградации, резкому ухудшению условий проживания людей. *Кризисное* состояние — деградация природных комплексов приближается к порогу необратимости. При проведении дорогостоящих природоохранных мероприятий возможно частичное восстановление ландшафтов, хозяйственной системы и условий проживания людей. Для *конфликтной* ситуации характерно обострение состояния отдельных компонентов орошаемой экосистемы. Необходимы срочные меры нормализации с тем, чтобы предотвратить деградацию поливных земель и приостановить ухудшение здоровья отдельных групп населения. При *напряженном* экологическом состоянии наблюдаются признаки деградации небольшого числа компонентов оросительной экосистемы, их восстановление относительно легко достижимо. *Удовлетворительная* обстановка — состояние близкое к естественному саморегулированию вещества и энергии, антропогенная деятельность не вносит существенных изменений.

Орошаемые земли *Нечерноземья и Центрально-Черноземного* района имеют удовлетворительное экологическое состояние. Орошение здесь осложняется неисправностью ирригационной сети, из-за чего до 50% земель ежегодно не поливается. *Уральский и Западно-Сибирский* районы характеризуются хорошим мелиоративным состоянием на 80% площадей, а в целом их экологическое состояние может быть оценено как удовлетворительное.

Невелика площадь с хорошим мелиоративным состоянием в *Восточно-Сибирском (39%) и Дальне-Восточном (16%)* районах.

В *Северо-Кавказском* районе складывается напряженная экологическая обстановка. По отдельным его областям положение еще хуже. Конфликтная экологическая ситуация складывается в *Ростовской области*. В 1982 г. она была еще хуже — катастрофической. Ее удалось улучшить только из-за того, что 20% орошаемых земель были списаны и выведены из сельскохозяйственного использования. Имеющегося дренажа на 44% поливных площадей недостаточно, он не всегда справляется с отводом ГВ, и почвы испытывают переувлажнение (21%) и засоление (20%). Экологическая обстановка в перспективе будет ухудшаться, так как на половине орошаемых земель уровень ГВ залегает на глубине 2-5 м, в 55% обследованных скважин минерализация ГВ более 3 г/л, 40% земель поливается некачественной водой с минерализацией 1-2 г/л (12%) и — более 2 г/л (25%). Катастрофическая экологическая ситуация выявлена в *Калмыкии* и *Дагестане*, здесь более 50% орошаемых земель деградировано. Основной причиной этого является засоление. Дренаж имеется на 16 и 42% поливных земель, что совершенно недостаточно для этих республик.

Далее по напряженности экологического состояния следуют республика *Хакасия* и *Астраханская область*, в этих регионах 21—29% орошаемых земель имеют неудовлетворительное мелиоративное состояние. Наряду с засолением здесь отмечается переувлажнение. Так, в Астраханской области на половине поливного клина ГВ залегают на глубине 1—2 м, а дренаж имеется на 34% орошаемых площадей.

В Ростовской области и Краснодарском и Ставропольском краях положение усугубляется тем, что зачастую поливы осуществляются минерализованной водой (с концентрацией больше 2 г/л). Для черноземов поливы такой водой не допустимы, но они ведутся и приводят к значительному снижению их плодородия и недобору урожаев.

Нужно отметить, что наблюдение за мелиоративным состоянием ГГМ партии производят на ОС, составляющих 50-60% площади орошения. По участкам орошаемым на местном стоке, данные отсутствуют, на них экологическая обстановка может быть хуже, чем на ОС.

Поволжье — крупный регион орошаемого земледелия. Орошаемые земли занимают 4% сельскохозяйственных угодий и обеспечивают сбор более четверти продукции растениеводства (Васильев, 1990).

Разнообразны геолого-геоморфологические условия орошаемых почв Поволжья. Изменения почв Поволжья под влиянием орошения давно привлекли внимание почвоведов. Известны исследования Л. П. Розова, Н. А. Качинского, В. А. Ковды, И. Н. Антипова-Каратаева, В. Н. Филипповой, А. П. Бирюковой, В. И. Азовцева и В. А. Барановской, А. Г. Бондарева, Б. А. Зимовца, М. М. Разумовой, Е. А. Даниловой, В. Г. Зольникова, Н. С. Кистанова и других почвоведов.

Степень риска земледелия, выраженная в повторяемости сильных и средних засух, увеличивается в Поволжье с северо-запада на юго-восток от 20-30 до 50% и более лет. В этом же направлении увеличивается и эффективность орошения. В зоне черноземных почв от общей площади орошаемых земель региона орошается 30% (17% Чо и 13% Чю), в зоне каштановых почв — 58%, в бурой пустынно-степной — 12%.

В Саратовской, Волгоградской и Астраханской областях основная часть орошаемых земель (70-90%) представлена мелкими участками площадью в десятки, первые сотни га. В Самарской области, Калмыкии преобладают крупные ОС, которыми охвачено свыше 50% орошаемых земель (табл. 1).

Относительно благоприятные почвенно-мелиоративные условия характеризуют *террасы долины Волги*: равнинный рельеф, незасоленные почвы, однородные суглинистые и двучленные суглинисто-супесчаные почвенные грунты, относительно слабая (по Д. М. Кацу) дренированность. Здесь орошается около 400 тыс. га (на черноземы, и каштановые почвы приходится приблизительно поровну), расположены крупные ОС — Ольгинская, Спасская, Жигулевская, Балаковская, Духовницкая. Орошение производится волжской водой. Экологическое состояние оросительных систем на террасах оценивается следующими показателями. Площадь с глубиной залегания ГВ более 5 м составляет 80-90%. Переувлажнение наблюдается примерно на 2% орошаемых земель (на отдельных системах до 8%). ГВ в большинстве случаев пресные, на 10% орошаемых площадей — слабоминерализованные. Экологическое состояние удовлетворительное, но продолжает осложняться. Все это требует реконструкции существующих оросительных систем, поисков принципиально новых решений научных и технических задач, связанных с ирригацией.

Второй по значению и перспективам развития орошения является *Сыртовая равнина*. В настоящее время здесь орошается волжской водой и на местном стоке около 70 черноземов и 130 тыс. га каштановых почв. Благоприятные факторы — равнинность рельефа, обеспеченность дренирующей овражно-балочной

сеть, отсутствие засоленности и солонцеватости в слое 0-1 м почв, однородность почвенного покрова, большие глубины исходного залегания ГВ. Орошение на Сыртовой равнине лимитируется высокими абсолютными отметками (60-170 м), на которые необходимо подавать поливную воду, неизученностью поведения при ирригации мощной глинистой почво-грунтовой толщи, характеризующейся низкой дренированностью и водоотдачей, высокой набухаемостью. Во втором метре профиля Чю и КЗ залегает гипсовый горизонт, широко распространены глубокозасоленные разновидности почв. Тип засоления — SO_4 и Cl-SO_4 (Na, Mg). Отмечается глубинная солонцеватость. Полив осуществляется волжской водой из Саратовского и Самарского водохранилищ и водами местного стока.

В нижних частях приовражных склонов и в долинах малых рек распространены солонцеватые почвы и солонцы.

Как показывает двадцатилетний опыт ирригации ОС в долинах малых рек (Ветлянская, Тепловская и участки в долинах рек М. Иргиз, Еруслан, Б. и М. Узени), построенных в пределах Сыртовой равнины, более 20% площади имеют неудовлетворительное мелиоративное состояние с уровнем ГВ меньше 3 м с разной степенью засоления в слое 0-1 м. Кроме того, отмечается переувлажнение на отдельных участках, засоление и тенденция к накоплению поглощенного натрия. На этих системах необходимы реконструкция и строительство дренажа на части территории.

Оросительные системы (Таловская, Пугачевская и др.), расположенные на сыртовых склонах, через 10-20 лет орошения характеризуются следующими экологическими показателями. ГВ с глубинами залегания свыше 5 м распространены на 50-60% орошаемых площадей, с глубинами менее 2 м — примерно на 20%. В каждой третьей скважине минерализация ГВ вод превышает 3 г/л, иногда достигает 20 г/л. Почвы в основном незасолены. Среднее засоление выявлено примерно на 10% площади орошаемых почв, сильное засоление практически не встречается, но начинает развиваться с подъемом сильноминерализованных ГВ. Данные свидетельствуют о напряженной экологической обстановке поливных почв на сыртовых склонах по сравнению с террасами Волги. Технология дренажа здесь не разработана. Поэтому развитие орошения на сыртовых склонах, составляющих не менее 20% площади Сыртовой равнины, крайне нежелательно.

Исследование участков с различной длительностью орошения (Ершовский ОУ и Ершовская ОС на КЗ; совхоз им. Ленина на Чо в Самарской области), располагающихся на водоразделах Сыртовой равнины, свидетельствует об относительно благопри-

ятной почвенно-экологической обстановке, сохраняющейся длительное время (Медведев, Пантелеев, 1980; Галибин, 1985; Приходько и др., 1986)). Это связано с комплексом причин, среди которых одной из важнейших является блоковое строение сыртовой толщи. Повышенная фильтрация в межблоковых участках обеспечивает в определенных условиях отток ирригационных грунтовых вод. Предстоит точно определить эти условия и выявить площади благоприятные для орошения. В первом приближении к ним можно отнести межбалочные водоразделы, составляющие около 60% площади Сыртовой равнины (Медведев, 1974). Перечисленные особенности Сыртовой равнины позволяют дать высокую оценку перспективам ирригационного освоения водораздельных пространств в условиях технически совершенных ОС с высокими КПД, без потерь воды на фильтрацию и питание ГВ.

Большое количество мелких (десятки и единицы сотен га) ОС так называемого инициативного орошения расположены на территориях *Окско-Донской равнины* (79 тыс. га), *Приволжской возвышенности* (76 тыс. га), *Бугульминско-Белебеевской возвышенности* (18 тыс. га) и *возвышенности Ергени* (18 тыс. га), всего свыше 190 тыс. га. Мелкие ОС относительно равномерно распространены по хозяйствам, административным районам и областям, почвенным подзонам. Здесь выращиваются овощные и кормовые культуры. Для орошения используются, главным образом, воды местного стока с минерализацией до 1 г/л. Почвенно-мелиоративное состояние малых ОС в большинстве случаев не контролируется и, по-видимому, здесь много участков с конфликтным и катастрофическим экологическим состоянием.

Одним из резервов земельного фонда, который можно использовать под орошаемое земледелие, является территория *Прикаспийской низменности*. В настоящее время здесь регулярно орошается в Волгоградской области около 70 тыс. га, в Астраханской — более 70 тыс. га. Здесь расположены Большая Волгоградская, Палласовская, Тажинская ОС, распространено лиманное орошение. Почвенный покров низменности представлен **K2**, **K1** и **Бу** почвами, как правило, в комплексе с солонцами и луговыми почвами. Характерными чертами современной природы этого региона являются аридный климат, высокая засоленность почв и почвообразующих пород, значительная пестрота почвенно-растительного покрова, близкое залегание к поверхности уровня ГВ, часто минерализованных.

Вместе с тем, на территории низменности имеются территории, отличающиеся более благоприятными почвенно-мелио-

ративными условиями: меньшей засоленностью почв, лучшей дренированностью, более легким гранулометрическим составом почвообразующих пород. Прежде всего, к ним относятся Эльтонская и Баскунчакская равнины, Приволжская гряда.

Анализ существующего опыта орошения в Прикаспийской низменности показывает, что имеющиеся факты его отрицательных последствий в первую очередь связаны с промывным режимом орошения, низким КПД оросительных систем (0,5-0,6), большими потерями воды в ирригационной сети и на полях, с нерегламентированными нормами полива. Это приводит к интенсивному подъему уровня ГВ и развитию вторичного засоления. Кроме того, отмечается ухудшение физических свойств почв, структуры и др. В значительной мере характер этих изменений зависит от способов поливов. Более перспективными считаются дождевание из закрытой оросительной сети и его комбинирование с мелкодисперсным, капельным, подпочвенным орошением. Особенно неблагоприятные почвенно-мелиоративные условия сложились на Палласовской, Тажинской ОС, где земли со вторичным засолением достигли более 60% площади.

Имеющийся опыт орошения на территории недренированной суглинистой Бессточной равнины показывает, что для данной территории можно рекомендовать выборочное орошение ограниченных площадей (не более 500-600 га) малыми нормами (2000-3000 м³/га) способом дождевания. Проведенные исследования показали, что за 10-летний срок орошения при данной технологии без строительства дренажа заметных отрицательных последствий орошения не отмечено (Демкин и др., 1986). Таким образом, при наличии закрытой оросительной сети, соблюдении способов и норм полива сопутствующим эффектом орошения даже на недренируемых участках Прикаспийской низменности является интенсификация процессов рассоления и рассолонцевания почв, т.е. непрерывное улучшение их химических, физико-химических и водно-физических свойств. На орошаемых участках необходимо организовать мелиоративный контроль. При подъеме уровня ГВ вод до глубин, близких к критическим (2,5-3 м), орошение необходимо прекращать во избежание вторичного засоления. Эта мера должна планироваться заранее.

Кратковременное орошения малыми нормами не только увеличивает продуктивность поливных земель, но и ускоряет благоприятные тенденции естественного развития ландшафтов, установленные при палеопочвенных исследованиях (Иванов и др., 1982, Демкин, Иванов, 1985 и др.). Ирригация в зоне сухих степей весьма рентабельна. По данным Б. А. Зимовца (1984) при-

бавки урожая по сравнению с богарой на Кисловской ОС достигают 200% и более.

Достаточно благоприятная обстановка на оросительных системах *Приволжской гряды* (45 тыс. га) (Завожская, Б. Волгоградская ОС). В ближайшие 10-15 лет существенного ухудшения состояния не предвидится вследствие хороших для орошаемого земледелия геоморфологических, литологических, геохимических условий. Вместе с тем, возможен подъем уровня ГВ до критических глубин на 15-20% площади с появлением очагового вторичного засоления, главным образом в восточной части гряды на границе с Бессточной равниной.

На *Приволжской возвышенности* орошается на черноземах и каштановых почвах свыше 76 тыс. га, преимущественно в Саратовской области (56 тыс. га), а также в Волгоградской (16 тыс. га) и Самарской (свыше 5 тыс. га). Освоенность мелиоративного фонда незначительная, менее 10%. Экологические условия разнообразны: благоприятные на водоразделах, где орошение возможно без дренажа, и менее удовлетворительные в нижних частях склонов и на террасах рек. Орошаемые земли преимущественно представлены мелкими участками площадью в десятки и сотни га. В южной части возвышенности в пределах Волгоградской области имеются две крупные оросительные системы — Калачевская и Городищенская. Мелиоративное состояние мелких ОС не изучалось. Они орошаются водами местного стока, не имеют дренажа. Мелиоративное состояние крупных систем в настоящее время в целом удовлетворительное, однако наблюдается тенденция к его ухудшению. В перспективе на 20-30% орошаемых площадей будет наблюдаться высокий уровень залегания минерализованных ГВ и вторичное засоление почв. Недобор продукции за счет ухудшения почвенно-мелиоративной обстановки может составить на этих системах 20% и более. В целом Приволжская возвышенность — район перспективного орошения мелких участков, на которых при их благоприятном расположении возможно длительное сохранение удовлетворительного экологического состояния. На крупных ОС необходимо строительство инженерного дренажа.

Дельта Волги и Волго-Ахтубинская пойма расположены в аридном регионе Прикаспийской низменности. Почвенный покров представлен преимущественно аллювиально-луговыми почвами различной степени засоления и остепненности. В пойме орошается в настоящее время 50 тыс. га, в дельте — 120 тыс. га. Близкий уровень ГВ, высокая испаряемость, большая скорость засоления почв и ГВ вод требует постоянного управления

водным и солевым режимами почво-грунтов при помощи поливов, промывок и искусственного дренажа. Поэтому в отличие от ранее рассмотренных территорий здесь имеются в настоящее время инженерный дренаж на четвертой части, а коллекторно-сборная сеть на половине орошаемых площадей. ГВ с уровнем залегания менее 1 м отмечаются на 7% площади орошаемых земель поймы и дельты, от 1 до 2 м — на 8% площади орошения на пойме и на 70% — дельте, и далее, соответственно, 2-5 м — 76 и 22%, более 5 м — 9 и 1%.

До регулирования и массового обвалования дельты соли из почв вымывались паводковыми водами, чем поддерживалась их невысокая степень засоленности. Орошение вызвало хлоридно-сульфатное засоление почв. В настоящее время напряженное экологическое мелиоративное состояние (по засолению почв и уровню грунтовых вод) наблюдается на 30% орошаемых площадей в дельте и 10-20% в пойме. При дальнейшем освоении территории под орошаемое земледелие дренажная сеть и противофильтрационная защита должны вводиться с началом эксплуатации ОС. С развитием орошения в дельте и пойме возникает ряд экологических проблем, прежде всего загрязнение природных вод дренажным стоком.

Таким образом, проблема ирригации Поволжья весьма сложна и многогранна. Как показывает проанализированный выше материал о состоянии почвенно-экологической обстановки в регионе, отдельные ОС характеризуются достаточно благоприятными условиями, на других получили широкое развитие отрицательные последствия орошения. Главным образом они связаны с несовершенством оросительной сети и низкой культурой земледелия, деградацией почв. Тем не менее Поволжье рассматривается как один из важных и перспективных регионов орошения, где можно получать высокие гарантированные урожаи сельскохозяйственных культур при условии претворения в жизнь высокоэффективных мелиоративных мероприятий. Весь мелиоративный фонд рассматриваемых областей (по оценке Гипроводхозов) составляет 17,5 млн. га. Его полное освоение — дело далекой перспективы. Орошение в основном должно сочетаться со строительством дренажа, различными противозерозионными мероприятиями. Для солонцеватых и засоленных почв основными сопутствующими мелиорациями являются промывки, гипсование, кислование, планировки поверхности и др.

ГЛАВА 2

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДУЕМЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Гидрологические условия орошаемых земель Поволжья весьма разнообразны. По степени сложности они изменяются от средних до весьма сложных.

Д. М. Кац, 1976. С. 260.

Для изучения текущего функционирования почв ("жизни почв" по А. А. Роде (1971) выбраны оросительные системы (ОС) и орошаемые участки (ОУ) с наиболее длительным периодом ирригации, с разнообразными почвами, располагающиеся в основных геоморфологических районах Поволжья (рис. 1, табл. 2,3).

ОУ в совхозе им. Ленина. ОУ, расположенный на Высокой Сыртовой равнине, орошается с 1971 г. Почвенный покров представлен **Чо** глинистым, до 3 м незасоленным. Глубже содержание солей не превышает 0,2-0,3%. Уровень ГВ до орошения был глубже 30 м, минерализация составляла от 5 до 15 г/л, в химическом составе преобладали хлориды. Подъем ГВ идет со скоростью 0,4 м/год. На орошаемых землях изучались участки под паром (полив дождевальными установками (ДУ) ДКШ с оросительной нормой 2 тыс. м³/га) и овощами (полив ДУ ДДА-100М с оросительной нормой 4 тыс. м³/га).

На землях возделываются зерновые и кормовые, в том числе люцерна (до 20% в севообороте). Урожай составляют до 40-50 т/га зеленой массы люцерны и кукурузы, более 5,0 т/га озимой пшеницы, что в 2-5 раз больше, чем на богаре.

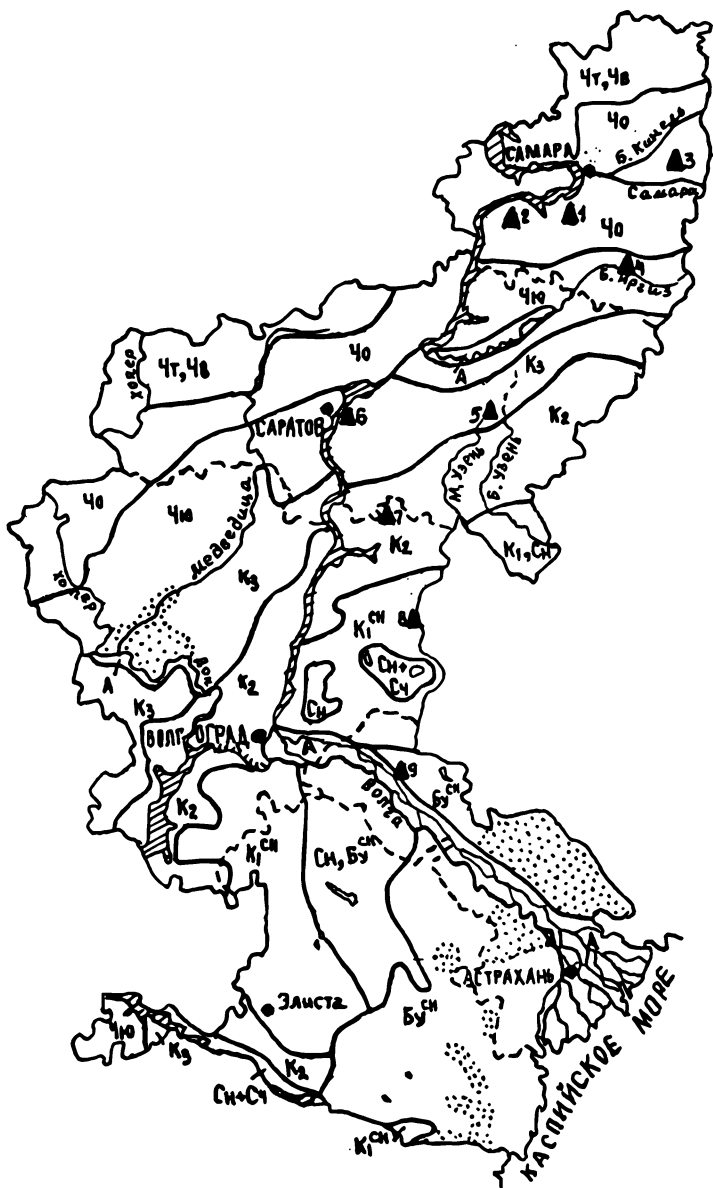


Рис. 1. Размещение исследуемых оросительных систем Поволжья

Таблица 2

Климатические показатели исследуемых орошаемых почв Поволжья

Оросительная система, оросительный участок	Почва	Температура, °С		Осадки, мм	Испаряемость, мм	Суховей, дни
		Январь	Июль			
Безенчукский ОУ	Чо	-13	+22	363	711	59
ОУ совхоза им. Ленина	Чо	-13	+22	370	700	
Таловская ОС	Чю	-14	+22	326	769	40
Энгельсский ОУ	К3	-11	+23	366	740	
Ершовский ОУ	К3	-13	+23	330	740	30
Валуйская ОС	К2			297	900	
Паласовская ОС	К1	-11	+24	274	900	
Рыбацкий ОУ	Бу	-10	+20	165	1000	80

Таблица 3

Характеристика исследуемых оросительных систем Поволжья

Область	Район	Название хозяйства	Тип*	Геоморфологический район	Площадь, га	Начало орошения, год	Почва	Гранулометрический состав	Минерализация, г/л	Орошительная норма, тыс. м ³ /га	Многолетние травы, %
Самарская	Красноарм.	ОУ с-за им. Ленина	Эксп.	Выс. Сырт. равн.	330	1971	Чо	гл.	0,2-0,6	2-4	20
	Богатовский	Кутулукская ОС	Пр.	Терр. р. Кинели	7743	1941	Чо	ср.с.	0,5	2-4	20
	Безенчукский	Екатериновск. ОС	Эксп.	Терр. р. Волги	370	1934	Чо	ср.с.	0,2-0,6	2-4	30-40
	Большелуш.	Таловская ОС	Пр.	Сырцовые склоны	470	1968	Чю	т.с.	0,4-0,5	2-3,5	70
Саратовская	Энгельсский	ОУ Вольгиний	Эксп.	Терр. р. Волги	200	1934	К3	ср.с.	0,2-0,4	2-4	40
	Ершовский	ОУ НИИ Ю-В	Эксп.	Низк. Сырт. равн.	200	1934	К3	т.с., гл.	0,4-0,5	2-4	30
Волгоградская	Паласовский	Валуйская ОС	Эксп.	Прикаспийская низменность	180	1894	К2	т.с., гл.	0,4-0,6	2-5	50
Астрахан.	Ахтубинский	Паласовская ОС	Пр.		1090	1976	К1,Св	т.с., гл.	0,6-0,9	3	50
	Рыбацкий ОУ	Пр.	То же		700	1964	Бу	ср.с., л.с.	0,2-0,4	3-7	40

* Эксп. — экспериментальное хозяйство; Пр. — производственное хозяйство.

Безенчукский ОУ. Примером длительного орошения (с 1934 г.) на 3-й надпойменной террасе Волги является Безенчукский ОУ Самарского НИИСХа, площадь которого 370 га. Почвенный покров представлен **Чо** остаточно-луговатым среднесуглинистым, незасоленным, подстилаемым с глубины 4 м супесями и песками. Почвы сильно перерыты землероями. Уровень ГВ (14-18 м) после 50-летнего срока орошения не изменился вследствие хорошей дренированности. Поливная вода подается из пруда. С 1975 г. он заполняется волжской водой. До 1960 г. полив осуществлялся напуском, позднее — ДУ ДДА-100М с оросительной нормой 2-4 тыс. м³/га.

В 1934 г. В. Г. Зольников (1949) исследовал почвы всего участка до орошения. Почвенно-мелиоративное состояние после 27 лет орошения обследовано институтом “Гипроводхоз”. В. А. Барановская и В. И. Азовцев (1973) отмечали повышение плодородия почв после 35 лет орошения. Наши исследования выполнены площадным методом на массивах со сроками орошения 5 и 48 лет, а также на близлежащих неорошаемых почвах.

На участке возделываются зерновые и пропашные культуры, травы, овощи. В севообороте более 20% составляет люцерна. На орошении в среднем за 1973-1979 гг. урожаи составляли (т/га): люцерна на сено — 11, сахарная свекла — 54, подсолнечник — 2,8, кукуруза на зерно — 6,7, пшеница озимая и яровая, соответственно, — 4,1 и 3,7 (Поротькин, Демидова, 1984). При внесении умеренных доз удобрений (0,18 т/га) урожаи при орошении по сравнению с неорошаемыми опытными участками выше в 3-4 раза. По данным этих же исследователей, повышенный фон минеральных удобрений (0,3 т/га) на орошаемых полях способствует еще большему возрастанию урожаев при сохранении высокого качества сельскохозяйственной продукции, однако отдача не очень велика, главным образом, из-за полегания растений.

Опыт Самарского НИИСХа и внедрение его разработок в Безенчуковском районе, где сейчас орошается 33% площади пашни, показывает, что в условиях хорошей естественной дренированности, исключающей подъем ГВ, при высокой культуре земледелия, внедрении прогрессивных агротехнических приемов, своевременных полива, внесении удобрений, правильном подборе сортов возможно сохранение плодородия почв и получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур не только на опытных полях, но и в практике совхозов.

Таловская ОС. ОС площадью 470 га располагается на склонах Низкой Сыртовой равнины. Почвенный покров представлен **Чю** тяжело-суглинистым, на 70% площади засоленным. Орошение

началось в 1968 г. установками ДДА-100М. Оросительные нормы составляют 2-3,5 тыс. м³/га. Поливная вода гидрокарбонатно-кальциевого состава с минерализацией около 0,5 г/л подается из водохранилища. До орошения ГВ залегали глубже 10 м.

Нерегулярное внесение минеральных и органических удобрений, большое количество сорняков, частые нарушения режима поливов на участке, орошаемом с 1968 г., приводят к уменьшению плодородия почв. Более высокая культура земледелия на полях, орошаемых с 1975 г. ДУ ДКШ. Земли Таловской ОС в основном используются под посевы многолетних трав, урожайность которых колеблется от 15 до 30 т/га зеленой массы. После реконструкции системы в 1985 г. поливы ведутся из закрытой оросительной сети. В результате этого подъем уровня ГВ замедлился.

Ершовский ОУ. Исследования проведены на уникальном Ершовском ОУ (сейчас это Ершовская опытная станция орошаемого земледелия НИИСХа Юго-Востока), заложенном академиком Н. М. Тулайковым в 1934 г. Станция расположена в Саратовском Заволжье на местном водоразделе Низкой Сыртовой равнины. Орошение началось с 1934 г., первые 26 лет оно велось по бороздам и напуском, последующее время — дождеванием. Минерализация поливной воды сульфатно-хлоридно-натриевого состава составляла 0,4-0,5 г/л, в отдельные годы достигала 2 г/л. С 1972 г. полив осуществляется волжской водой.

Научно-исследовательская работа станции в основном направлена на создание новых сортов сельскохозяйственных культур и передачу их для широкого районирования. На станции широко используются достижения современной агрономии, нормированные и своевременные поливы, внесение органических и минеральных удобрений, возделывание многолетних трав. Проводятся опыты по выращиванию запрограммированных урожаев зерновых, разрабатывается система обработки почвы в орошаемом севообороте. Комплекс мер позволяет получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур (т/га): озимая пшеница 3,5-4,5, яровая пшеница 2,0-3,5, просо 1,6-3,0, соя 1,0-2,0, кукуруза на зерно 2,4-3,5, люцерна на семена 0,1-0,2.

Исследовались **КЗ** глинистые глубокозасоленные. Почвы станции изучали И. Н. Антипов-Каратаев и В. Н. Филиппова (1955), В. П. Медведев (1974), В. А. Барановская, В. И. Азовцев (1973, 1981), В. Г. Зольников, А. Н. Галибин, Ю. И. Мазур (1977), И. А. Кузник (1979) и др.

Палласовская ОС. Орошение на территории Бессточной равнины Прикаспийской низменности началось в 1970 г. с момента

введения в строй первой очереди Палласовской ОС. В настоящее время ее площадь около 19 тыс. га. Каналы не облицованы. Поливы осуществляются дождеванием, в основном из открытой оросительной сети (60%), водой хлоридно-натриевого состава с минерализацией 0,6-0,9 г/л. Проводятся влагозарядковые осенние поливы. Общая водоподача составляет около 5000 м³/га, КПД системы 0,4-0,8. Скорость подъема уровня ГВ вод 0,4 м/год. К 1990 г. хорошее мелиоративное состояние отмечалось на 14% площади ОС. Площадь орошаемых почв с глубиной залегания грунтовых вод в интервале 0-2 м достигала 22%, в интервале 2-3 м — 26% от площади ОС. Их минерализация составляет 1-3 г/л на 49% и больше 3 г/л на 40% площади ОС. Доля незасоленных почв в слое 0-1 м не превышает 50%, из них доля незасоленных — 36% (данные Волгоградской гидрогеолого-мелиоративной партии (ГГМП)). Таким образом, на Палласовской ОС автоморфный режим, при котором идет рассоление почв, сохраняется короткое время. Легкорастворимые соли не успевают вымываться за пределы почвенного профиля до подъема грунтовых вод до уровня 1,5-2 м. При ирригационно-гидроморфном режиме к природному добавляется вторичное засоление и осолонцевание почв, отмечается их переувлажнение, обесструктурирование и дегумификация. Почвы выводятся из сельскохозяйственного оборота.

Быстрее эти процессы протекают на участках, где орошение проводится из открытой оросительной сети. При поливах методом дождевания из закрытой оросительной сети период автоморфного режима в почвах удлиняется. Исследования проводились на орошаемом с 1976 г. участке площадью 1090 га в совхозе им. VIII съезда Советов Палласовского района Волгоградской области.

Поливы в совхозе проводятся без дренажа ДУ “Фрегат” из закрытой оросительной сети, оросительная норма не превышает 3000 м³/га. Вносится около 4 т/га органических и 0,2 т/га минеральных удобрений в расчете на действующее вещество. Средние урожаи за последние 5 лет составили в т/га: кукуруза на силос 19,5, однолетние травы на сено 3,4, многолетние травы на сено 6,5.

Почвенный покров исследуемого участка типичен для Бессточной равнины, солонцы занимают до 40-60, а луговато-каштановые до 15% площади (Роде, Польский, 1960; Демкин, Иванов, 1985).

Рыбачкий ОУ. ОУ располагается в степной территории Астраханской области. Почвы — Бу средне- и легкосуглинистые в

разной степени засоленные, на глубине 1,5-2,5 м подстилаются супесью. Засоление в основном Cl-SO_4 . Оросительные каналы не облицованы, частично сделаны в насыпи, дренажные каналы глубиной 1,5 м. Поливы проводятся водой хорошего качества из р. Ахтубы напуском и дождеванием ДУ ДДА-100м с 1964 г. Оросительные нормы составляют для овощей 9000, для люцерны 5000 м³ /га, средние урожаи соответственно — 14,5 и 22 т/га.

До орошения ГВ залежали на глубине 12-30 м. Повторные более детальные исследования проведены сотрудниками Астрахангипроводхоза на участке в 1972 г. К этому времени сформировался купол в основном пресных ГВ мощностью 5-7 м. К 1986 г. глубина залегания слабоминерализованных ирригационных ГВ составляла 1,5-2 м.

Кутулукская ОС. Менее детальные исследования почв проводились на Кутулукской ОС (Чо незасоленный орошался с 1941 г., после 20-30 лет ирригации пресные ГВ поднялись до уровня ~2 м, из-за невозможности реконструкции системы, она списана).

Энгельсский ОУ. Почва КЗ незасоленная, орошается волжской водой ДУ ДДА-100М, ГВ глубоко, рациональная система ведения хозяйства.

Валуйский ОУ. Валуйский ОУ — старейший в Поволжье. Почвы (К2 разной степени засоленности) подверглись вторичному засолению. ОУ не подлежит реконструкции из-за подпора вод Волгоградским водохранилищем, списан.

Краткая характеристика объектов исследования дана в табл. 3.

2.2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основным назначением исследований было обоснование необходимых почвенных мелиораций для более рационального ведения орошаемого земледелия.

В. В. Егоров, 1959. С. 5.

Полевые работы

При исследовании разрезы закладывались на водоразделах по всей площади орошения и на близлежащих массивах богары. Из-за значительной неоднородности гранулометрического состава почв К2 Валуйского ОУ и Бу Рыбацкого ОУ исследования проводились на площадке 50×50 м, а также изучались разрезы, далеко отстоящие друг от друга. Для описания почв трехчленного солонцового комплекса Палласовской ОС Прикаспийской низ-

менности закладывались траншеи длиной 10-15 м до начала и после 10 лет орошения. Отбор образцов производился через 1 м горизонтальной стенки траншеи. Тип почв изменяется в зависимости от микрорельефа, на целине почвы диагностируются по растительности. На пашне особенно орошаемой возникают трудности при выборе места закладки разрезов. Траншейный метод дает наглядную картину изменения свойств почв при орошении. Исследовались также отдельные разрезы.

Отбор образцов из опорных разрезов глубиной до 2 м производился погоризонтно с трех стенок разреза путем усреднения материала большого объема. Закладывались скважины глубиной до 10-15 м.

Проведено сопоставление пространственной неоднородности основных свойств почв в пределах локальной площадки размером 25×25 м и 50×50 м и пределах площадей большого размера.

Из КЗ Ершовского ОУ и Чо с-за им. Ленина отбирались образцы по основным элементам строения по методике В. О. Таргульяна (1974).

Отбор образцов производился в полиэтиленовые мешки для сохранения естественной влажности почв.

Лабораторные методы

Использовались стандартные методы определения физических и химических свойств почв (Вадюнина, Корчагина, 1984; Аринушкина, 1970; Орлов, Гришина, 1981). Ниже приводятся некоторые методы: обменные катионы в карбонатных почвах определялись по Шмуку, гранулометрический состав почв — пирофосфатным методом; количественное выделение илистой и других фракций проводилось методом отмучивания по Айдиняну. Более подробно методы исследований описаны в начале каждой главы монографии.

ГЛАВА 3

СРАВНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ СВОЙСТВ ПОЧВ В ПРЕДЕЛАХ ЛОКАЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ И ПЛОЩАДЕЙ БОЛЬШОГО РАЗМЕРА

Законы распределения свойств почв нельзя считать окончательно установленными.

Н. И. Ильин, 1990

Выводы исследователей о влиянии орошения на свойства почв противоречивы. Это затрудняет как саму оценку изменения свойств ирригационных земель, так и прогноз их трансформации и разработку системы мероприятий для повышения плодородия орошаемых почв.

Неоднозначность выводов, вытекающих из опыта ирригации, объясняется многими причинами. Одной из них являются методические трудности, возникающие при сопоставлении орошаемых и неорошаемых почв: прежде всего, недостаточное количество статистически достоверных данных об изменении свойств почв при орошении, отсутствие закрепленных до орошения площадок для наблюдения, трудность их сохранения в течение длительного периода.

Наиболее надежным способом сопоставления свойств орошаемых и неорошаемых почв является детальное изучение площадок достаточного размера с необходимым количеством точек, обеспечивающих получение данных с заданной точностью. Проводится закрепление площадки до начала орошения и последующее наблюдение за изменением почв под влиянием орошения. Для сопоставления изменений почвенных показателей при богарном сельскохозяйственном использовании необходима

площадка — аналог для наблюдения на близлежащем неорошаемом пространстве. К сожалению, для большинства орошаемых систем эта методика не реализована.

Часто даже при наличии данных об исходном состоянии почв до орошения, количество разрезов на них оказывается недостаточным для статистически достоверной характеристики, а их местонахождение трудно установить.

Распространенным способом сопоставления является изучение в пределах площадей большого размера на орошаемых и неорошаемых близлежащих массивах. В наших исследованиях мы, в основном, применяли этот способ.

Анализ литературных источников

Закономерности проявления неоднородности (в пространстве) и изменчивости (во времени) почвенных свойств до конца не выяснены. В познание явления пространственной анизотропности почв внесли вклад многие исследователи, среди них В. М. Фридланд, Е. А. Дмитриев, Ф. И. Козловский, И. Н. Степанов, И. А. Крупеников, Л. О. Карпачевский, Б. Г. Розанов, В. В. Галицкий и др. В зависимости от линейных размеров (и шага опробования) различают 5—6 уровней пространственной неоднородности почв (Розанов, 1977; Крупеников, Шилихина, 1978; Ильин, 1980; Воронин, 1984). Например, И. А. Крупеников и И. Н. Шилихина (1978) выделяют следующие виды варьирования: аналитическое, разрезное, контурное, районное, региональное (последнее может включать округ, провинцию, зону).

Методы исследования

В своих исследованиях мы выявили внутриконтурную анизотропию почв. При изучении Ершовского ОУ возникли трудности с сопоставлением данных, полученных для площадки 25×25 м (Филиппова, Сердобольский, 1937; Антипов-Каратаев, Филиппова, 1955; Барановская, Азовцев, 1973, 1981), и наших показателей, определенных для всего Ершовского ОУ. Поэтому проведено сравнение пространственного варьирования содержания некоторых компонентов во всех почвенных горизонтах до двух метров для локальной площадки и площадей большого размера. Такое сопоставление выполнено для трех ОС: Безенчукского ОУ (Чо), Таловской ОС (Чю), Ершовского ОУ (КЗ). Изучали варьирование содержания следующих составляющих: гумуса, карбонатов, гипса, суммы солей, ЕКО, ила и фракций физической глины. Закладывались площадки двух размеров 25×25 и 50×50 м, на

них выкапывался один разрез и бурились скважины. Кроме того, по всей площади исследуемых орошаемых массивов закладывались равномерно разрезы и скважины. Выборка составляла 7-30. Изучались только почвы водоразделов, чтобы исключить анизотропию катенного уровня.

На **Чю Таловской ОС** в течение 10 лет совместно с **Е. С. Судьиной** (Средневолгогипроводхоз) изучали временное варьирование почвенных свойств по разным годам наблюдений. Во избежание сезонной вариабельности полевые работы проводились в августе. Известно, что сезонное варьирование имеет размах, сравнимый с пространственной неоднородностью (Коробова, 1996). Выполнена математическая обработка полученных данных (Дмитриев, 1972; Комаров, Мироненко, 1979).

Обсуждение экспериментальных данных. Коэффициент вариации

Для основной характеристики пространственной анизотропии почвенных свойств взяли коэффициент вариации (K_v). Коэффициент вариации содержания гумуса наименьший в пахотном горизонте (4-15%) и с глубиной постепенно увеличивается (до 30-40%). Возрастание пространственной вариабельности органического углерода с глубиной в каштановых почвах и черноземах отмечалось **В. И. Азовцевым** и др. (1972), **И. А. Крупениковым** и др. (1968) и др. Увеличение анизотропности на глубине 0,3-1 м обусловлено в основном присутствием серых затеков, содержание гумуса в которых близко к количеству его в **гор. Апах**, тогда как в межзатечной массе оно значительно меньше. Большее его варьирование на глубине 1-2 м, вероятно, объясняется первоначально различным содержанием органического вещества в породе, миграцией гумуса по трещинам, локальной аккумуляцией в кутанах-натках, а также новообразованием гумуса при разложении корней, глубоко проникающих в почву.

При небольшом содержании карбонатов в верхних горизонтах почв варьирование их содержания очень велико (K_v более 100%). Это связано с пульсирующим режимом CO_2 и CaCO_3 в поверхностном слое почвы. При орошении накладывающиеся восходящие и нисходящие передвижения карбонатов усиливаются (Барановская, Азовцев, 1981). В аккумулятивных карбонатных горизонтах K_v уменьшается до 10-30%.

Распределение легкорастворимых солей и гипса отличается большой пространственной неоднородностью. Максимальное варьирование этих показателей (K_v 40-135%) наблюдается в горизонтах их аккумуляции, в отличие от K_v для углекислых солей. Очевидно, это объясняется тем, что карбонаты в аккумуля-

тивных горизонтах в основном встречаются в виде тонкодисперсных форм, равномерно распределенных в почвенной массе, а легкорастворимые соли и гипс образуют белесые корочки, налет, присыпку вдоль крупных пор, трещин и на поверхности структурных отдельностей. Гипс, кроме того, концентрируется в виде друз, гнезд и т.п. Закономерности различной пространственной неоднородности для легкорастворимых солей и карбонатов в верхних горизонтах пока не вполне ясны.

Кв для величины ЕКО, содержания ила и фракции физической глины мало изменяется по профилю почв и составляет 3-20%.

В течение 10 лет через год в августе проводили определение свойств на закрепленной площадке 50х50 м для одних и тех же семи точек орошаемого Чю. Таловской ОС. Коэффициенты вариации для всех определяемых компонентов в различные годы исследования в основном близки, но в отдельные годы они могут различаться приблизительно в 2 раза.

По величине Кв определяли *число почвенных разрезов для получения среднего арифметического с заданной точностью* (Дмитриев, 1972). Выборка из 25-30 разрезов дает возможность получить данные для компонентов с Кв меньше 15% с точностью 5% и вероятностью 0,95, для свойств с Кв 20-30% — с точностью 10% и вероятностью 0,90, для составляющих с Кв 60-80% — с точностью 20% и вероятностью 0,80. При выборке 10 для почвенных компонентов с небольшим варьированием (Кв меньше 15%) данные имеют точность 10% , при вероятности 0,90, для признаков с Кв 15-40% полученные средние имеют точность 20% , при вероятности 0,80. Большая вариабельность в содержании гипса и солей при количестве точек опробования 10-20 не позволяет получить данные с высокой точностью. Для исследования изменений при орошении тех почвенных компонентов, Кв которых больше 40%, нужно увеличить объем образца и усреднять материал нескольких разрезов в один образец. Необходимо учитывать, что при строительстве оросительных систем зачастую производят планировку полей, что увеличивает пространственную неоднородность содержания компонентов, особенно гумуса. Так, после планировки Энгельсского ОУ ОПХ ВолжНИИГиМа количество гумуса в гор. Апах колебалось от 2 до 4% (Волохова и др., 1987). На полях, где производились планировочные работы, выборка 7-10 будет недостаточна для получения статистически достоверных данных.

В основном для всех изученных компонентов Кв в пределах площадки близок по величине или меньше, чем таковой для

большого массива. Иногда для некоторых горизонтов почв Кв в пределах площадки бывает больше, чем таковой для большого ареала. Большой размах варьирования гумуса в масштабе малых площадей отмечен в работе Е. М. Шлевковой (1981), что, по мнению автора, объясняется перераспределением и различным количеством поступающих растительных остатков, влаги, изменениями ОВП и т.п. Имеет значение и различный объем отбираемых нами образцов. Размер образцов в пределах небольшой площадки был ограничен объемом бура (из 10 точек — 1 разрез, 9 бурений), а при исследовании больших площадей на орошении и богаре закладывалось не менее пяти разрезов, из которых отбирались образцы с трех стенок, путем усреднения больших объемов почвенного материала.

Таким образом, в пределах площадки варьирование почвенных свойств в основном немного отличается от их неоднородности на больших пространствах. Однако для всех изученных почв *средние данные на локальных площадках могут не совпадать с показателями для больших массивов.*

Например, на Безенчукском ОУ (Чо) на глубине 0,5-1 м сильно различается содержание CaCO_3 и ЕКО для площадки 25×25 м и больших пространств. На Таловской ОС (Чю) наблюдается различие малых и больших ареалов по содержанию илистой фракции и фракции физической глины на глубине 1,5-2 м. На Ершовском ОУ выявлены различия между площадкой и большой площадью в гор. Апах для гумуса и на глубине 0,8-2 м для карбонатов (табл. 4). В основном для компонентов, среди которых выявлены различия в содержании между малыми и большими пространствами, выборка из 10-15 проб достаточна для математически достоверной характеристики почвенных составляющих. Эти различия связаны с анизотропией породы, а также с множеством случайных сочетаний факторов почвообразования и комбинаций антропогенных воздействий, которые приводят (как это было показано вышеперечисленными исследователями) к внутрипочвенной микрозональности и микроочаговости.

Важно знать не только изменение Кв, но и характеристику других статистических моментов распределения среднего. Рассмотрим их.

Таблица 4

**Содержание гумуса и карбонатов в темно-каштановых почвах
Ершовского ОУ**

Глубина, см	С о д е р ж а н и е, %						К о э ф. вариации, %					
	Неорошаемые почвы			Срок орошения, лет		Изменение при орош.		Неорош. почвы		Орошение		
	1934 ^a	1969 ^b	1980	36 ^b	46	36 ^b	46	1934	1980	36 ^c	46	
Г у м у с												
0—30	2,9; 3,5	—; 2,9	2,7; 2,8	—; 3,2	2,7; 3,0	—; +0,3	0; +0,2	7; 8	12; 8	—; 7	14; 18	
30-50	1,9; 2,2	—; 1,6	1,9; 1,9	—; 2,6	1,8; 1,8	—; +1,0	+0,1; +0,2	5; 8	19; 21	—; 16	27; 28	
50-75	—; 1,2	—; 1,0	1,0; 1,3	—; 1,4	1,0; 1,2	—; 0,4	+0,1; -0,1		34; 29		33; 32	
75-100	—; 0,6	—; 0,7	0,6; 0,8	—; 0,9	0,6; 0,9	—; +0,2	0; +0,1		36; 28	—; 26	29; 33	
100-150		—; 0,5	0,4; 0,5	—; 0,6	0,4; 0,6	—; +0,1	-0,1; +0,2		33; 40	—; 7	27; 62	
150-200			0,4; 0,4		0,4; 0,6		0; +0,2		29; 52		39; 46	
К а р б о н а т ы												
0—30	—; 1,2	—; 1,7	1,6; 2,3	—; 3,0	1,4; 4,0	+1,3; +1,7	—; -0,2		63; 42	—; 29	80; 34	
30-50	—; 5,2	—; 4,7	9,9; 10,4	—; 11,8	9,4; 10,2	+7,1; -0,2	—; -0,2	—; 20	25; 31	—; 8	41; 25	
50-75	—; 15,0	—; 15,8	15,6; 15,7	—; 17,4	14,6; 13,8	+1,6; -1,9	—; -1,0	—; 14	12; 6	—; 3	19; 9	
75-100	—; 17,1	—; 17,4	15,4; 14,6	—; 17,1	15,5; 13,1	-0,3; -1,5	—; +0,1	—; 8	13; 10	—; 4	16; 11	
100-150	—; 14,3	—; 15,0	13,0; 11,5	—; 13,2	13,0; 11,5	-1,8; +0,1		—; 6	12; 9		11; 4	
150-200		—; 13,8	11,2; 10,3		11,2; 10,6			13; 6			9; 10	
Кол-во разрез- зов	15; 25	—; 10	17; 10	—; 10	28; 10			15; 25	17; 10	—; 10	28; 10	

^a — данные В. Н. Филипповой и И. П. Сердобольского (1937) для двух площадок;

^b — данные В. А. Барановской и В. И. Азовцева (1973, 1981);

^c — данные В. И. Азовцева и др. (1972).

Приведены данные для большой площади орошения и прилегающей богары, *курсив* — данные для площадки 25×25 м.

Асимметрия. Распределение гумуса, суммы солей слабоасимметрично, коэффициент асимметрии меньше 0,5. Средняя степень асимметричности отмечается для ЕКО и гипса.

Для карбонатов, ила и фракций физической глины распределение сильноасимметрично. Изменение асимметрии отдельного компонента по профилю невелико. Для площадки величина асимметрии меньше или равна таковой для большого пространства.

Экссесс. Колебание величины коэффициента эксцесса для всех изученных компонентов отмечается в пределах 1-4. Следовательно, распределение всех изученных почвенных свойств можно считать среднеэкссессивными. Для эксцесса характерны те же особенности, что и отмеченные выше для асимметрии.

Для лучшей нивелировки пространственной неоднородности и множества случайных комбинаций природных факторов почвообразования и антропогенного влияния необходимо изучать свойства почв в пределах площади большого размера. Сравнение признаков на неорошаемой и орошаемой площадках размером 25×25 или 50×50 м (при отсутствии закрепленной площадки до орошения) может привести к ошибочным выводам.

ГЛАВА 4

СВОЙСТВА, ПРОЦЕССЫ И РЕЖИМЫ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ

4.1. ФАКТОРЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ОРОШЕНИИ

Изучение функциональных связей между почвами и факторами почвообразования значительно усложнялось по мере усиления антропогенного воздействия на почву и факторы почвообразования.

Б. Ф. Апарин, 1996. С. 650.

Ирригация изменяет факторы почвообразования, что приводит к трансформации почвенных процессов и находит отражение в свойствах почв.

Рельеф. Его изменение происходит как в процессе строительства оросительных систем (планировка территории, буртование, нарезка каналов, создание водохранилищ), так и при их эксплуатации (ирригационная эрозия, наносы, оползни, суффозия, уплотнение). Некачественная планировка поверхности, большие срезки, неравномерное распределение буртованного материала часто встречающиеся явления. При срезании 10-сантиметрового слоя на черноземах теряется около 30% урожая, 20-сантиметрового — 50%, 30-сантиметрового — до 70% (Зайцев, 1938; Мельник, 1971).

Значительные уклоны местности, наличие микрорельефа, некачественная планировка поверхности, чрезмерные нормы полива и интенсивность дождя, большие размеры капель, а главное, отсутствие необходимых гидротехнических сооружений на оросительной и сбросной сети приводят к развитию ирригационной эрозии. Она возникает при образовании водных потоков, когда поливные нормы превышают скорость впитывания воды в почву

или при большом объеме сброса оросительных вод. Поверхностный сток после поливов дождевальной техникой может составлять до 25-30% водоподачи (Багров и др., 1981). Ирригационная эрозия начинает развиваться на склонах с крутизной 0,015-0,025, и при нормах полива 450-500 м³/га величина смыва почв может составить 2-3 т/га (Кузнецов и др., 1990). Происходит вынос почвенного материала, образование размылов, промоин, оврагов. Распространены размылы нижней части откосов каналов и их разрушение. Имеются сведения о заметном вымывании пылеватых частиц из поверхностного слоя почв, потерях гумуса, макроэлементов (N, P, K) и микроэлементов с твердым и жидким стоком (Трегубов, Аверьянов, 1987). Повышение инфильтрационных свойств с помощью щелевания и искусственного оструктуривания почв могут уменьшить поверхностный сток при поливах в 1,5-3 раза, смыв — в 2-10 раз.

Возможно развитие оползневых процессов и обрушений на откосах коллекторно-сбросных каналов (Иванов, 1982).

Образование ирригационных наносов на полях в степной зоне не получило широкого развития, что связано с малой мутностью вод рек. Наносы отмечены на рисовых системах, но объем их невелик. Распространено заиливание и зарастание растительностью каналов и оросителей, что требует ухода за этими сооружениями.

В результате просадочных и суффозионных явлений в лессовых грунтах при орошении почв Ставрополья образуются западины площадью до 1,5 га и глубиной до 0,3—2 м, происходит деформация поверхности, усложнение структуры почвенного покрова (Антыков, Стоморев, 1974, Козловский и др., 1980). Вышеперечисленные изменения приводят к изменению СПП орошаемых территорий и массивов вдоль каналов и водохранилищ, но и к усложнению СПП в пределах всех ландшафтов степи (Красеха, 1986).

Меры борьбы с этими отрицательными явлениями включают: противозерозионное устройство территории, применение эрозионно-безопасных элементов техники полива, агротехнические меры по повышению водопроницаемости почв и водопрочности структуры, а также меры по предотвращению размыва оросительной и сбросной сети.

Климат. Орошение значительно изменяет климат, в первую очередь, его гидротермические показатели. Оросительные нормы увеличивают общее количество осадков, получаемых почвами степей на 50-100%. Увеличивается влажность воздуха, температура поливных почв и воздуха снижаются, возрастают затраты теп-

ла на испарение. Почвы сдвигаются на 1-2 гидроряда: так орошаемые черноземы относятся к шестому гидроряду обеспеченного увлажнения (Барановская, Азовцев, 1974).

В создании регулируемых оптимальных водно-температурных условий возникают трудности. С одной стороны наблюдаются почти повсеместный подъем уровня грунтовых вод (ГВ) на орошаемых и сопредельных массивах из-за значительных потерь воды на фильтрацию из каналов и распределителей по пути от водозабора до поля, повышенной водоподачи при поливах, их неравномерности, больших объемах сброса.

На орошаемых полях около 80 мм оросительной воды тратится инфильтрационное питание грунтовых вод, скорость их подъема составляет 0,1-0,4 м в год (Баер, Лютаев, 1980). Вблизи оросительных каналов и водохранилищ подъем уровня ГВ идет со скоростью 1-1,5 м в год.

Между поливами иссушение верхних горизонтов почв нередко достигает уровня влажности на богаре. Опыты многих исследователей показали, что в период недостатка влаги поливные растения, имея поверхностную корневую систему, страдают сильнее, чем на богаре. Создать стабильную водообеспеченность растений с помощью орошения пока не удастся. Сохраняется зависимость величины урожая с поливных земель от метеорологических условий года. Особые трудности в регулировании водного и теплового режимов возникают в период острых засух и продолжительных суховеев. Оперативность гидрогеолого-мелиоративных партий в слежении за влажностью орошаемых почв низка. Необходима автоматизация этого контроля для того, чтобы проводить своевременные поливы строго по дефициту влажности. Это первое, что нужно сделать в ближайшем будущем. В перспективе необходимо создать агротехнологию орошаемого поля на основе внедрения моделей, включающих в себя как сбор информации по метеоусловиям, гидротермическим показателям почв, количеству солей и обменного натрия, важнейшим физическим свойствам почв, содержанию питательных веществ, состоянию посевов, так и блок выработки стратегии по срокам и нормам поливов, внесению удобрений, химических мелиорантов, гербицидов, обработке почв.

Иногда, исходя из почвенных условий (высокая влагоемкость, низкая дренированность) экономически более выгодно поддерживать влажность ниже оптимальной, что дает возможность избежать вторичного засоления и заболачивания почв, а снижение урожая компенсировать введением дополнительных площадей орошения с использованием сэкономленной воды (Varade, 1986).

Биота. Изменение степени увлажнения почв, прежде всего, сказывается на биоте. Многие исследователи выявили, что в орошаемых почвах увеличивается общее количество микроорганизмов и ферментативная активность. Установлена тесная коррелятивная зависимость между активностью ферментов и плодородием почв (Васильев, 1984). При орошении увеличивается количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов, спорообразующих и микробактерий, микрогрибов. В первые годы орошения наблюдается увеличение содержания в почве свободных углеводов, что приводит к росту микрофлоры (Личко, Степутина, 1985). В дальнейшем, чем более благоприятные водный и пищевой режимы создаются в орошаемых почвах, тем стабильнее становится биомасса микроорганизмов. Возникают условия для выровненных скоростей минерализации и гумификации растительных остатков (Васильева, 1984; Ружек, 1983). Наряду с благоприятным воздействием ирригации на микроорганизмы, возможны нежелательные последствия такие, как увеличение количества свободных фенольных соединений, отрицательно влияющих на рост и развитие растений, отмечен почвенный токсикоз в орошаемых черноземах в результате увеличения количества токсичных форм анаэробных бактерий (Синичкина и др., 1984). Продуцируемые ими органические кислоты (и возможно этилен) препятствуют всхожести семян, угнетают развитие ростков и корней растений (Дуда и др., 1980).

В ряде случаев возможно придется применять ингибиторы карбогидраз для снижения интенсивности распада органических веществ орошаемых почв (Личко, Степутина, 1985).

Рекомендации по устранению и предупреждению неблагоприятных воздействий микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности на почвы и растения, в связи с недостаточной изученностью многих вопросов, почти не разработаны.

4.2. МИКРОМОРФОЛОГИЯ ПОЧВ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ

Микроморфология позволяет давать раннюю диагностику деградации почв.

Т. В. Турзина, 1988. С. 46.

Микроморфологический метод позволяет дать раннюю диагностику характера изменений почв под влиянием орошения. Особенно он информативен для изучения структурного состояния, особенностей и подвижности различных компонентов почв.

Чернозем обыкновенный (с-з им. Ленина, Самарской обл., орошение 10 лет)

Процесс орошения вызывает активизацию гумусообразования и некоторую локализацию его вдоль биогенных пор и пустот. В ходе орошения наряду с коагулированным темным гумусом возникают темные высокодисперсные его формы, способные к перемещению и осаждению в виде темных сгустков. Орошение способствует переагрегации массы и образованию более крупных структурных отдельностей (0,2-0,4 мм). Это снижает порозность материала и приводит к возникновению новых относительно крупных каналовидных пор. В ходе орошения более глубокие горизонты профиля могут обогащаться органическим веществом как за счет миграции его из верхних горизонтов, так и за счет формирования на месте. При поливе агрегатами "Волжанка" миграционными путями является более широкий набор пустот и даже небольшие поры, при поливе напуском ДДА-100М — в основном крупные трещины.

Чернозем южный (Таловская ОС, орошение 14 лет)

Орошаемые почвы обогащены живыми корнями в пределах слоя 0-0,8 м, отмечается увеличение новообразования гумуса и степени его дисперсности в **гор. Апах**. Орошение приводит к частичной переорганизации материала и формированию микроагрегатов (до 0,2 мм в диаметре). По трещинам и биогенным порам происходит активная миграция гумусно-глинистой плазмы и перенос ее до глубины 80 см. Дисперсные формы гумуса и полуторных оксидов могут перемещаться до 1 м. В ходе орошения отмечены явные признаки выщелачивания карбонатов из верхней метровой части профиля. При перемещении материала по профилю не происходит сепарации глины.

Темно-каштановые почвы (Ершовский ОУ, орошение около 50 лет)

1. При орошении возрастает дисперсность гумуса и увеличивается количество осветленных микрозон, менее ожеженных и содержащих более светлоокрашенный гумус. При увеличении срока орошения обособление этих участков более выражено. Они часто имеют признаки слоистости и натечности. Очевидно по трещинам, ходам корней идет иллювиирование материала, у которого ослаблена цементация.

2. Отличия в агрегации материала заключаются в формировании сложных округлых микроагрегатов в орошаемых почвах, тогда как в неорошаемых почвах отмечается и более крупные микроагрегаты вплоть до отдельностей растрескивания. Выявлено снижение содержания CaCO_3 в припоровом пространстве зоны транзита и накопление в порах и припоровом пространстве в нижней части профиля. Отмечен перенос некоторых фракций гумуса и оксидов железа до глубины 1,5-1,8 м. Признаков изменения и перемещения минеральной массы не отмечено.

Бурые полупустынные почвы, орошение 22 года

Орошение напуском по чекам. В отличие от целинных почв в орошаемых почвах почвообразование потеряло локализацию вокруг пор и трещин, а затрагивает всю массу гор. Апах. По сравнению с целинным вариантом увеличивается гумусированность плазмы и количество органических остатков разной стадии минерализации в горизонте 0-19 см. Здесь же появляются микроструктурные отдельности размером до 0,8-1,5 мм, в составе которых преобладает глинисто-карбонатная плазма. Многие из них не обладают четкой оформленностью. Присутствуют микрозоны и отдельные микроучастки с ориентированной слабоокрашенной глиной. Ниже по профилю гумусированность выражена крайне слабо.

Орошение дождеванием ДДА-100М. Приводит к существенным изменениям микростроения верхнего горизонта, к усилению выраженности гумусированности плазменного материала, снижению степени его окрашенности. Идет образование хорошо морфологически оформленных микроагрегатов, в агрегации которых принимает участие гумусно-глинистая плазма.

На глубине 20-45 см, несмотря на существенное снижение степени гумусированности материала, содержание микроагрегатов остается высоким. Здесь отмечены микрозоны с вертикально ориентированной глиной. Но эта глина в значительной степени уже стабилизирована — пропитана микрокристаллическими карбонатами. Границы микрозон нечетки, что является результатом или поливов напуском или повышенных норм орошения на ранних этапах мелиоративных воздействий. Горизонт, как вышележащий, характеризуется повышенным содержанием органических остатков и возникших по ним пор.

Таким образом, выявлено, что различие в микростроении в основном проявляется в пахотном и подпахотном горизонтах орошаемых почв по сравнению с неорошаемыми. Активизируется процесс внутрипрофильного формирования гумуса, он захва-

тывает большую толщу по сравнению с неорошаемыми почвами. Обогащение нижележащих горизонтов гумусом происходит за счет разложения более глубоко проникающих корней и в результате миграции фракций (бурых) гумуса. Орошение приводит к усилению дисперсности гумуса. Появляется микрзональность, в основном увеличивается количество участков осветленного материала, содержащих светлоокрашенный гумус, меньшее количество оксидов железа и иногда гумуса; встречаются также зоны ожелезнения. При увеличении длительности ирригации обособление этих участков более выражено, и плазма приобретает признаки натечности и слоистости. Интенсифицируется перенос материала плазмы и тонкой пыли по биогенным порам и трещинам в основном в пределах первого метра и миграция гумуса и оксидов железа до глубины 1,6-1,8 м.

4.3. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ И ИХ ДИНАМИКА

Снижение урожая может быть следствием не только переуплотнения почв, но и многих причин.

В. В. Медведев, 1994. С. 45

Общие сведения. Структура и многие физические свойства почв, особенно такие, как водопроницаемость и плотность сложения, зависят от многих почвенных параметров и системы хозяйствования и являются результирующими показателями плодородия и функционирования почв.

Рассмотрим изменения некоторых физических свойств почв под влиянием орошения.

Уплотнение заключается в увеличении объемной массы верхних горизонтов глинистых и суглинистых почв при орошении до 1,3-1,4 г/см³ (на богаре 1,0-1,1 г/см³). Оно может происходить за счет более плотной упаковки агрегатов в верхнем метре орошаемых почв при проходах тяжелой сельскохозяйственной техники, заполнении пор тонкими частицами при перемещении ила из верхней в среднюю часть профиля, образования плужной подошвы и при формировании почвенной корки. Уплотнению орошаемых почв может способствовать закупорка пор в результате увеличения количества низкоагрегированного ила и появления супердисперсности у разбухающих минералов (Данилова, 1978; Барановская и др., 1988; Приходько, Соколова, 1988). Уплотняющие деформации снижают скорость впитывания поливной воды, ухудшают аэрацию почв и состав почвенного воздуха,

уменьшают период спелости почв, препятствуют всхожести семян, оказывают давление на корни растений. В некоторых случаях переуплотнение может быть начальной фазой слитизации почв.

Слитизация — более значительное уплотнение почв до 1,6-1,7 г/см³. Во влажном состоянии почвы сплываются, характеризуются вязкостью, пластичностью, в сухом — становятся монолитно-плотными, разбитыми трещинами, на поверхности образуется осветленная опесчаненная корка (Медведев, Цыбулько, 1982). Диагностическим признаком слитовых почв является наличие сликенсайдов в профиле. С. А. Николаева и Е. М. Самойлова (1989) предполагают, что ирригационная слитизация обусловливается тремя группами процессов:

1. К ней приводят те же процессы, которые развиваются в природных слитоземах.

2. Она вызывается процессом осолонцевания.

3. Ирригационная слитизация является специфичным явлением или происходит под влиянием нескольких из вышеперечисленных процессов.

Слитизация происходит за счет физико-химических изменений в почвах, переупаковки почвенных частиц, гидрофилизации коллоидов, образования высокодисперсных почвенных полимеров, цементации микроагрегатов растворимыми соединениями кремния, магния, алюминия, железа (Розанов, 1974; Михайличенко, 1979; Ковда, 1981). К слитизации склонны почвы с высоким содержанием тонкодисперсных частиц (свыше 40% ила и 60-65% физической глины) (Подымов, 1970). Высокое внешнее давление и сильно выраженная сезонная динамика влажности способствуют развитию слитизации (Козловский, 1991). Выдвинута гипотеза, в которой слитизация почв объясняется процессом истирания, т.е. механическим измельчением кристаллитов глинистых минералов, происходящим при критической плотности на поверхности блоков, трущихся при набухании почвенной массы (Козловский, 1991). Она хорошо подходит для объяснения формирования всего многообразия слитых почв.

Слитизация затрудняет или делает невозможной обработку почв. Требуется разработка специальных методов мелиорации слитых почв, а также изучения природы явления.

Обсуждение результатов

В исследуемых тяжело- и среднесуглинистых почвах под влиянием орошения отмечается возрастание объемной массы. Наибольшее увеличение плотности на 5-18% в орошаемых поч-

вах по сравнению с богарой происходит в **гор. Апах** (рис. 2). Уплотняющие деформации могут распространяться до глубины 1,0-1,5 м.

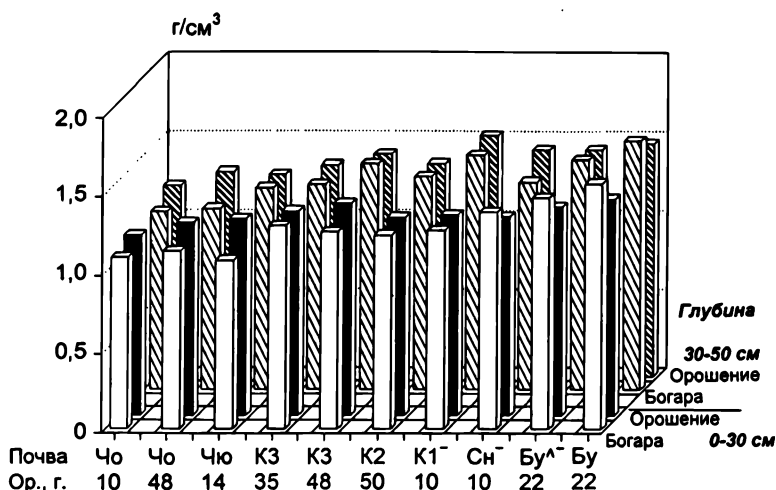


Рис. 2. Объемная масса почв Поволжья

Переуплотнение происходит в основном за счет обработки полей тяжелой сельскохозяйственной техникой. Большая часть полей за вегетативный период подвергается 2-4-кратным проходам техники, при этом плотность сложения увеличивается на 15-20% (Бондарев, 1990). По исследованиям многих авторов для сельскохозяйственных культур в **гор. Апах** тяжело- и среднесуглинистых почв величина около 1,2 г/см³ соответствует оптимальной плотности. Ее увеличение до 1,4 г/см³ необратимо и возврат к исходному состоянию невозможен (Медведев, 1991). Плотность **К3** Ершовского ОУ приближается к этой величине. Морфологически пахотный горизонт выглядит как монолитная плита, разбитая крупными трещинами на 5-6-гранные блоки размером 1,0-1,5 м. Переорганизация почвенной массы носит сезонный характер, и к весне почва достигает физической спелости и хорошо обрабатывается. В орошаемой **К3** в карбонатном горизонте с растворением белоглазки отмечается уменьшение объемной массы, тогда как на глубине 1,3-2,5 м формируется второй карбонатный горизонт и зафиксировано увеличение плотности.

В орошаемых легкосуглинистых **Бу** происходит разуплотнение профиля на глубине 0-0,5 м по сравнению с целиной и богарой.

Консолидация уменьшается в большей степени при поливах дождеванием по сравнению с поливами напуском. Одной из причин уменьшения объемной массы Бу является большое количество растительных остатков, возвращаемых в почву, интенсивная минерализация их препятствует увеличению количества гумуса.

Своеобразной особенностью верхней части глинистой сыртовой толщи является ее блоковое, тумбообразное строение, сопровождающееся анизотропией водно-физических свойств. Блоковидность строения и анизотропия водно-физических свойств — важная мелиоративная особенность сыртовой толщи, выявленная в последние годы исследованиями ИАП-ИПФС АН СССР и ВолжНИИГиМ. На горизонтальных срезах на глубине от 0,3 до 7 м обнаруживается полигональность (четырёх-шестиугольники). Полигоны разделяются трещинами, которые засыпаны материалом из вышележащих горизонтов и проявляются в виде затеков. В верхней части профиля до 1,2 м они заполнены серым материалом (серые затеки), с глубиной ширина трещин уменьшается от 2-3 до 0,1 см. Миграция воды в глубь почвы облегчается наличием трещин-затеков, сформировавшихся в почвенно-грунтовой толще в результате термических и палеокриогенных деформаций. В затеках по сравнению с внутриблоковой массой плотность и объемный вес имеют меньшие величины (табл. 5,6).

Таблица 5

Водопроницаемость и твердость КЗ Ершовского ОУ
по различным элементам почвенной массы

Тип почвы	Гумусовые затеки				Желтая блочная масса			
	Водопрони- цаемость		Твердость		Водопрони- цаемость		Твердость	
	п	мм/мин	п	кг/см ²	п	мм/мин	п	кг/см ²
<i>Горизонтальный срез на глубине 40 см</i>								
Богара	17	0,210	8	18	6	0,110	10	11
Орошаемая в теч. 50 лет	10	0,053			9	0,011		
<i>Горизонтальный срез на глубине 75 см</i>								
Богара	13	0,010	6	16	13	0,007	9	20
Орошаемая в теч. 7 лет	16	0,014			23	0,006		

На глубине 40-75 см в неорошаемой почве скорость фильтрации воды в серых затеках в 1,5-2 раза больше, чем в межтрещинной массе (МТМ). В длительно орошаемой почве по срав-

нению с богарой скорость фильтрации уменьшается в серых затеках в 3-5 раз, в МТМ в 6-10 раз. В целом орошение приводит к уменьшению скорости фильтрации воды в почве; в то же время различие в скорости фильтрации между серыми затеками и МТМ сохраняется и даже усиливается.

Таблица 6

Некоторые свойства сыртовых отложений
на глубине 4,5-5,0 м

Показатель	Блок	Межблочная масса
Объемная масса, г/см ³	1,5-1,54	1,0-1,1
Влажность, %	16,9-17,7	17,6-18,2
Твердость, кг/см ²	21	17
Сумма солей, %	1,27	0,48
Хлор-ион, %	0,10	0,028

В целом, уплотнение почв при орошении не является главным лимитирующим фактором и достаточно эффективно устраняется агротехническими приемами.

4.4. СТРУКТУРА ПОЧВ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ

Улучшение физических, физико-химических и биологических свойств почвы может быть достигнуто улучшением ее структурного состояния.

Д. В. Хан, 1969. С. 4.

Деградация структуры почв на макро— и микроуровне в результате орошения отмечалась неоднократно. На микроуровне происходит упрощение строения микроагрегатов, усиление микророзональности строения плазменного материала, закрытие макропор, переориентация вертикальных пор в горизонтальные (Турсина, 1988). На макроуровне происходит увеличение глыбистости, уменьшение количества агрономически ценных агрегатов, снижение водопрочности, отмечается тенденция к плитчатому строению почвенной массы. Обесструктурирование, прежде всего, связано с неблагоприятной характеристикой искусственного дождя (интенсивность, скорость падения и размер дождевых капель), длительностью полива. Причины снижения прочности агрегатов и их разрушения в орошаемых почвах следующие: механическое воздействие капель дождя, взрывная волна воздуха, вытесняемого из агрегатов при быстром и неравномер-

ном увлажнении, турбулентность дождевых потоков в момент их поступления и оттока (Богданов, 1959; Вершинин, 1964; Кузнецов и др., 1990); давление тяжелых сельскохозяйственных машин и обработка почвы не в состоянии спелости (Медведев, 1979; Бондарев, 1982; Сапожников, 1990). Кроме того, плохая организация орошения: застаивание поливных вод, их перераспределение и сток, образование корки, неравномерность увлажнения, поливы некачественной водой приводят к ухудшению физико-химических свойств, а оно в свою очередь к разрушению (Сорочкин, 1978). Анализ большого литературного материала показал, что приблизительно в половине случаев в орошаемых почвах наблюдается уменьшение водопрочности агрегатов, а в половине ее — увеличение или отсутствие изменений (Сорочкин, 1978). С. А. Николаева и Е. М. Самойлова (1989) пришли к выводу, что из-за сильного уплотнения почв и отсутствия внутриагрегатных пор при мокром просеивании агрегаты не разрушаются, хотя на самом деле не являются водостойкими.

В последнее время появился ряд работ, в которых или предлагается не использовать метод сухого и мокрого просеивания для характеристики изменения структуры почв при их сельскохозяйственном производстве, или рекомендуется предпочтительнее пользоваться такими показателями как набухание, усадка, вязкость и другими (Сапожников, 1994; Березин, 1990; Сорочкин, 1991). В другой серии работ этот метод считается информативным и предложен ряд интерпретаций и новых показателей на основе сопряженного сопоставления макро— и микроагрегатного и гранулометрического анализов (Кузнецов и др., 1990; Медведев, 1994; Хитров, Чечуева, 1994).

Методы исследования

Агрегаты выделялись из верхних горизонтов трех орошаемых и трех неорошаемых почв по методу Н. И. Саввинова — мокрое и сухое просеивание на ситах. Из гор. Апах отбирался сборный образец, составленный из 40 точек. Все исследования проводились с естественно влажными образцами почв, и выделенные неводопрочные и водопрочные агрегаты подсушивались до влажности 20-25%. В этих агрегатах определялись общие химические свойства, для КЗ Ершовского ОУ выполнялся фракционно-групповой состав гумуса почв и минералогический состав илистой фракции.

Обсуждение экспериментальных данных

Известно, что количество водопрочных и неводопрочных агрегатов зависит от влажности исследуемых образцов. Наши исследования для **КЗ** и **Бу** также показали уменьшение количества агрегатов размером больше 0,25 мм (водопрочные) при подсушивании образцов почв с естественной влажностью до воздушно-сухого состояния.

Сравнение зональных длительно орошаемых почв Поволжья с неорошаемыми почвами показало, что в **гор. Апах** поливных почв больше содержание агрегатов размером крупнее 5 мм и меньше содержание фракций 0,5-2 мм (сухое просеивание) (рис. 3). В солонцах количество крупных структурных единиц после 8 лет орошения уменьшилось, а после 10 лет увеличилось по сравнению с целиной. В подпахотном горизонте исследуемых орошаемых почв глыбистость в основном уменьшается. Увеличение глыбистости почв при орошении отмечается практически повсеместно многими исследователями.

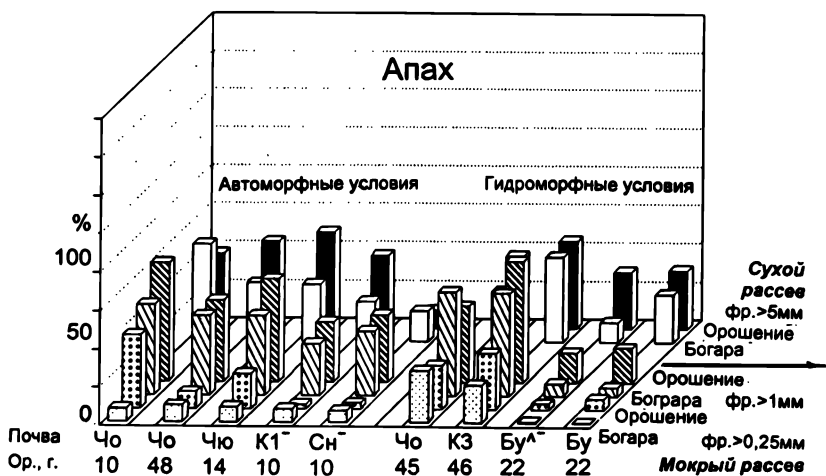


Рис. 3. Агрегатный состав **гор. Апах** почв Поволжья

По количеству водопрочных агрегатов почвы располагаются в ряд в убывающей последовательности: **Чо**, **КЗ**, **Чю**, **Кл**, **К1**, **Сн**, **Бу**. При орошении количество водопрочных агрегатов в **гор. Апах**, увеличивается в основном на 15-20% сравнительно с неорошаемыми почвами. В **Бу**, поливаемых напуском, по сравнению с орошаемыми методом дождевания, большее образование водостойчивых макроагрегатов объясняется сильным окарбоначива-

нием **гор. Апах**. Положительное влияние орошения на водопрочность почвенной структуры объясняется, прежде всего, правильной системой агротехники, выращиванием многолетних трав, внесением органических удобрений, интенсификацией микробиологической активности, повышением урожайности сельскохозяйственных культур, в результате чего увеличивается количество корней и их прижизненных выделений. Кроме того, положительное влияние орошения обуславливается кальцием поливной воды. В орошаемых почвах зачастую отмечается увеличение содержания илистой фракции в пахотном горизонте, что также может быть одной из причин увеличения водопрочности агрегатов. Не исключается также возможность искусственного увеличения водостойкости агрегатов, т.к. меньшее количество межагрегатных пор в уплотненном материале орошаемых почв не позволяет проникать между ними воде, и они не распадаются. Длительное промерзание почв Поволжья так же способствует восстановлению структуры. Разуплотнение почв происходит за счет вспашки — 50%, процессов набухания — 35% и замерзания — оттаивания — 15% (Сапожников, 1994).

Сравнение наших и имеющихся литературных данных (Антипов-Каратаев и Филиппова, 1995; Бережнов, Данилевич, 1968) о водопрочности **КЗ** Ершовского ОУ в 50-х годах свидетельствует, что за 30 лет она ухудшилась.

Так, за этот период количество водопрочных агрегатов в **гор. Апах** уменьшилось в неорошаемых почвах в 3 раза, в орошаемых — в 1,5 раза. Даже при высокой культуре земледелия на Ершовском ОУ не удастся сохранить в течение 50 лет неизменность структурного состояния. Это объясняется, прежде всего, интенсивным воздействием на почву современной сельскохозяйственной техникой.

Проведено статистическое сравнение свойств водопрочных и неводопрочных агрегатов почв Поволжья (табл. 7). Проверка равенства их средних на уровне значимости 0,95 показала, что нулевая гипотеза в большинстве случаев не отвергается. Однако, например, из 18 образцов Ершовского ОУ в водопрочных агрегатах по сравнению с неводопрочными большее содержание фракций $<0,01$ мм и ЕКО было в 15 образцах, а повышенное количество ила, CaCO_3 , гумуса — в 10-11 образцах. Разница между водопрочными и неводопрочными агрегатами для исследуемых свойств составляет в основном 5-40 относительных процентов, она немного меньше для ЕКО и больше для CaCO_3 .

Таблица 7

Некоторые свойства агрегатов почв Поволжья

Глубина, см	Тип использования	Агрегаты	Содержание компонента в почве					
			Ч _о * (1/10)	Ч _о * (2/45)	Ч _ю * (4/14)	КЗ* (6/48)	К1* (7/10)	С _л * (7/10)
			Содержание ила, %					
0-30	Богара	Водопр.	36		34	20	34	37
		Разница	-3		-5	0	-15	-14
	Орошение	Водопр.	37		20	28	27	22
		Разница	-3		+1	-4	-7	+8
30-50	Богара	Водопр.	35			30	46	41
		Разница	0			-1	-4	-13
	Орошение	Водопр.	35			31	32	39
		Разница	+4			-1		+3
			Содержание гумуса, %					
0-30	Богара	Водопр.	5,9	4,7	4,3	2,4	1,7	1,3
		Разница	-0,8	-0,5	-0,4	0	+0,1	+0,2
	Орошение	Водопр.	5,9		4,2	2,9	2,8	1,4
		Разница	-1,0		-0,9	-0,1	-0,9	0
30-50	Богара	Водопр.	4,5	3,8		1,6	1,7	1,0
		Разница	+0,5	-0,3		+0,1	-0,3	+0,3
	Орошение	Водопр.	4,9			1,7	0,9	1,4
		Разница	+0,3			+0,1	0	-0,4
			Содержание фракций меньше 0,01 мм, %					
0-30	Богара	Водопр.	60		57		63	64
		Разница	-3		3		-16	-14
	Орошение	Водопр.	60		59		45	48
		Разница	-3		-1		+12	+11
30-50	Богара	Водопр.	59		62		66	66
		Разница	-3		-3		-5	-15
	Орошение	Водопр.	59		63		58	60
		Разница	0		-5		-7	+4
			Содержание CaCO ₃ , %					
0-30	Богара	Водопр.			3,6	2,2	0	1,2
		Разница			-0,4	-0,3	0	+2,0
	Орошение	Водопр.			4,9	0,4	1,3	1,0
		Разница			-0,5	-0,1	-0,6	0
30-50	Богара	Водопр.				10,5	0,2	0,9
		Разница				-1,6	0	+2,4
	Орошение	Водопр.				8,7	0,9	0,9
		Разница				-0,3	+0,1	0

* В числителе указан № оросительной системы, в знаменателе — срок орошения (лет).

Таблица 7 (продолжение)

Глубина, см	Тип использования	Агрегаты	Содержание компонента в почве					
			Чо* (1/10)	Чо* (2/45)	Чю* (4/14)	КЗ* (6/48)	К1* (7/10)	Сн* (7/10)
			Содержание обм. Са, мг-экв./100 г					
0-30	Богара	Водопр.	28	32	39		17	18
		Разница	-3	-2	-1		-2	-1
	Орошение	Водопр.	24		38		17	16
		Разница	+4		-2		+3	+4
30-50	Богара	Водопр.	27	26			18	17
		Разница	-1	+2			-1	-4
	Орошение	Водопр.	25				19	13
		Разница	-2				-3	0
			Содержание обм. Mg, мг-экв./100 г					
0-30	Богара	Водопр.	6	7	4	13	10	
		Разница	0	+2	-1	-3	+1	
	Орошение	Водопр.	5		5	6	6	
		Разница	0		0	+3	+2	
30-50	Богара	Водопр.	6	13		9	12	
		Разница	-1	-2		+1	-2	
	Орошение	Водопр.	5			8	9	
		Разница	0					
			Содержание обм. Na, мг-экв./100 г					
0-30	Богара	Водопр.	1,8	0,4	0	0,2	0,5	1,0
		Разница	-1,0	0	0	-0,1	0	-0,6
	Орошение	Водопр.	1,0		0	0,4	1,4	0,9
		Разница	-0,2		0	-0,1	-0,3	+0,2
30-50	Богара	Водопр.	1,3	0,5		0,3	0,5	3,2
		Разница	0	-0,1		0	0	1,8
	Орошение	Водопр.	1,4			0,3	5,1	4,5
		Разница	0			0	-3,3	+1,7
			Емкость катионного обмена, мг-экв./100 г					
0-30	Богара	Водопр.	36		45	33	30	29
		Разница	-5		-2	-3	-5	-1
	Орошение	Водопр.	30		45	29	30	23
		Разница	+4		-2	-2	-6	+5
30-50	Богара	Водопр.	34				27	33
		Разница	-2				+1	-9
	Орошение	Водопр.	32				30	26
		Разница	-2				-5	+1

* В числителе указан № оросительной системы, в знаменателе — срок орошения (лет).

Вычислен коэффициент корреляции между количеством водопрочных агрегатов и некоторыми их свойствами отдельно для каждой из исследуемых почв. Показано, что коэффициент корреляции уменьшается с 0,80 до 0,30 в ряду $\text{ЕКО} > \text{Ca}^{2+} > \text{гумус} > \text{ил} > \text{CaCO}_3 > \text{фракции мельче } 0,01 \text{ мм} > \text{Mg}^{2+}$. Последовательность этого ряда в основном сохраняется для исследуемых почв разного типа, хотя его величина различается. Так, величина коэффициента корреляции между количеством водоустойчивых отдельностей и ЕКО изменяется у разных почв от 0,68 до 0,80, для гумуса — от 0,35 до 0,63. Следовательно, наиболее тесная связь между водопрочностью почвенной структуры существует в первую очередь с емкостью катионного обмена, с содержанием обменного кальция, а также с содержанием гумуса, ила и карбонатов. Сравнивая водопрочные агрегаты орошаемых и неорошаемых почв Поволжья, можно отметить обогащение первых по сравнению со вторыми гумусом, илом, увеличение ЕКО.

Количественный рентгено-дифрактометрический анализ илистой фракции КЗ почв, выполненный под руководством Т. А. Соколовой, показал, что водопрочные агрегаты сравнительно с неводопрочными фракциями имеют близкий качественный и количественный состав глинистых минералов (рис. 4).

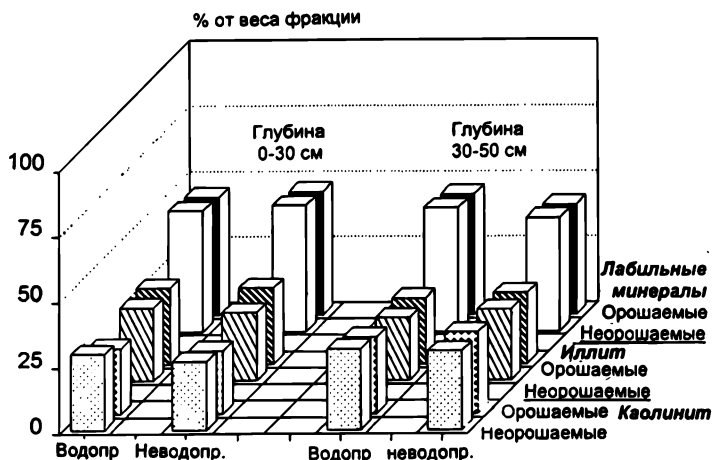


Рис. 4. Минералогический состав илистой фракции агрегатов темно-каштановых почв Ершовского ОУ, % от веса фракции

Не выявлено различий в содержании аморфных окислов железа и алюминия, извлекаемых вытяжкой Тамма из водопрочных и неводопрочных структурных отдельностей и их илистой фрак-

ции. Аналогичные факты отмечены В. В. Медведевым (1974), В. П. Яковченко (1982).

Проведенное по методу И. В. Тюрина исследование состава гумуса КЗ Ершовского ОУ показало, что в водоустойчивых фракциях по сравнению с неводопрочными больше содержится фульвокислот (в 7 образцах из 10) (рис. 5). Коэффициент корреляции между содержанием водопрочных агрегатов и содержанием фракции ФК1, свободной и связанной с полуторными оксидами, равен 0,80, для ФК2, связанной с кальцием, — 0,73, для суммы ФК — 0,63.

Общепризнанна роль гуминовых кислот в образовании и восстановлении структуры. В последнее время в ряде работ установлено участие лабильных фульвокислот в формировании структуры почв (Сорочкин и др., 1989). Экспериментально показано, что фульвокислоты могут фиксироваться в межслоевых промежутках минералов с расширяющейся кристаллической решеткой, создавая каркас микроагрегатов (Травникова, Титова, 1978). Кроме того, в высококультуренных почвах ФК насыщены функциональными группами и имеют в составе анионные комплексы, участвующие в образовании органо-минеральных соединений. Они создают рыхлую, но прочную гидрофильную структуру, препятствующую уплотнению агрегатов при высыхании и способствующую набуханию при увлажнении (Сорочкин и др., 1989).

При орошении в водопрочных агрегатах накапливаются наиболее устойчивые инертные органические компоненты, усиливается разложение лабильных неспецифических и гуминовых веществ. Эти компоненты участвуют в первую очередь в восстановлении структуры. Поэтому на поливной пашне очень важен возврат в почву большого количества свежих растительных остатков, что достигается увеличением урожаев, внесением органических удобрений, культивированием люцерны и других бобовых культур, а также запахиванием промежуточных культур.

Выявление и изучение причин образования глыбистости при орошении, участия глинистых минералов, отдельных фракций гуминовых веществ и других компонентов в оструктурировании почв требуют дальнейшего изучения.

Обеспечение условий хорошей впитываемости поливной нормы, выращивание многолетних трав, внесение веществ строобообразователей — меры, помогающие сохранить структуру почв.

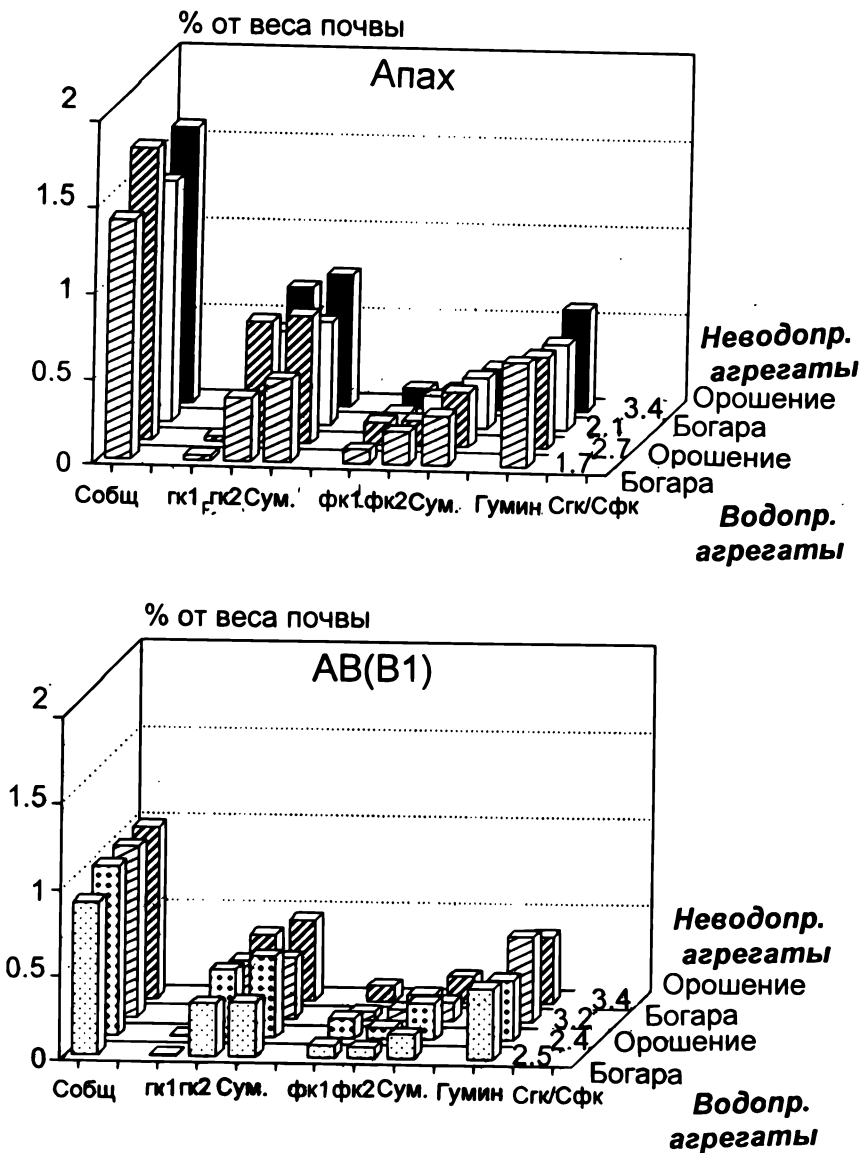


Рис. 5. Фракционно-групповой состав гумуса водопрочных и неводопрочных агрегатов темно-каштановых почв Ершовского ОУ

4.5. ВОДНО-СОЛЕВОЙ РЕЖИМ И ОБМЕННЫЕ РЕАКЦИИ

Опасность засоления орошаемых почв и заболачивание оросительных систем не снимается даже при улучшенной технологии и оснащенности оросительных систем.

В. А. Ковда, 1981. С. 111.

Степная зона России, характеризуется слабой естественной дренированностью, и при орошении наблюдается почти повсеместный подъем УГВ со скоростью 0,3-1,5 м в год. При критическом уровне их залегания происходит переувлажнение, заболачивание, засоление и осолонцевание почв.

Переувлажнение и заболачивание (анализ литературного материала)

Переувлажнением почв называем их функционирование в гидроморфном режиме при уровне ГВ около 2 м в весенне-летний период и его опускании ниже 2 м в осенне-зимний сезон. Заболачивание — длительное стояние воды на поверхности почв и уровень ГВ выше 1,0—1,2 м. Длительное нахождение почв в состоянии повышенного увлажнения наблюдается при возделывании риса, при близком залегании ГВ и при подтоплении вблизи каналов, оросителей, водохранилищ. Переувлажнение затрудняет своевременную обработку почв и посевов, ухудшает аэрацию, приводит к вымоканию растений. После подсыхания происходит сплывание почв и формирование поверхностной корки. При заболачивании на орошаемых полях возделывание сельскохозяйственных культур становится невозможным; здесь поселяются тростниковые и осоковые ассоциации, развиваются процессы оглеения, ожелезнения, накапливается грубый гумус.

Даже при глубоком залегании ГВ после подачи больших поливных норм ($>400 \text{ м}^3/\text{га}$) особенно под зерновыми и пропашными культурами, обладающими меньшей транспирацией по сравнению с травами, наблюдается уменьшение величины окислительно-восстановительного потенциала ниже 200 мВ (Панов и др., 1986). При этом происходит также ухудшение водно-воздушного режима почв, уменьшается содержание кислорода, накапливается большое количество CO_2 , появляются следы H_2S (Зборишук, 1980).

В орошаемых почвах фиксируется новообразование мелких конкреций и пятен окисленных соединений марганца и железа. Это свидетельствует о затрудненной аэрации орошаемых почв, о смене в них окислительной и восстановительной обстановок при преобладании первой. Переувлажнение, заболачивание могут влиять на обеспечение растений такими элементами питания, как азот, фосфор, сера, железо, марганец и др.

Вторичное засоление наряду с переувлажнением и признаками заболачивания — наиболее распространенное отрицательное явление при орошении почв. В последние годы после организации гидрогеолого-мелиоративных партий и в результате работы научно-исследовательских учреждений различных ведомств получены новые данные о распространении вторичного засоления. Оно определяется следующими основными группами факторов: запасами солей в почвах и грунтовой толще, дренированностью регионов, конкретными условиями миграции солей на оросительных системах (их ландшафтно-геохимическим положением), зонально-климатическим параметрами.

Главной причиной вторичного засоления служит близкое залегание к поверхности уровня минерализованных ГВ. Подъем происходит практически повсеместно при орошении со скоростью 0,3-1,5 м/год и выше. Вследствие этого через определенное время (5-20 лет) уровень ГВ достигает нижних почвенных горизонтов.

Критическая глубина залегания грунтовых вод для почв степей составляет 2-2,5 м при минерализации выше 5-7 г/л.

Вопрос о вторичном засолении и осолонцевании при орошении почв детально проанализирован в работах В. А. Ковды, Б. Г. Розанова, В. В. Егорова, А. В. Новиковой, Н. Г. Минашиной, Б. А. Зимовца, Ф. И. Козловского, И. П. Айдапова, Н. П. Панова, Е. И. Панковой, Р. А. Баера, А. П. Бирюковой, С. А. Балюка, И. Н. Гоголева, Н. И. Полупана, Я. А. Пачепского, Szabolch, Н. Е. Dregne и других исследователей.

Одним из неблагоприятных явлений при ирригации является содопроявление в грунтовых водах и почвах, а также осолонцевание почв. Специфика содово-засоленных почв и почвогрунтов проанализирована В. А. Ковдой, А. В. Новиковой, Е. М. Самойловой, Б. А. Зимовцом, Szabolch и др.

Причины появления соды при орошении следующие: миграция соды, имевшейся ранее в грунтовых водах, возникновение соды в результате обменных реакций и освобождения натрия из ППК или процессов сульфат-редукций на рисовых полях. В ряде случаев сода грунтовых вод имеет глубинное происхождение и

может мигрировать к поверхности с подземными водами; спорадически сода появляется в водоемах и оросительной сети, по-видимому, в результате жизнедеятельности микроорганизмов (водорослей). Появление следов соды двууглекислой реже нормальной в почвах на глубине 50–60 см — обычное явление, обусловленное рассолонцеванием почв. В небольших количествах (до 0,5 мг/л) сода отмечается и в грунтовых водах.

Наиболее подробно проблемы содопроявления при орошении проанализированы в работах А. В. Новиковой для почв Украины (Новикова, Габрилович, 1986; Новикова, Калининченко, 1988). В черноземах южных, орошаемых слабоминерализованными щелочными водами, содовое засоление встречается в первом полуметре. В других орошаемых черноземах юга Украины сода отмечается в слоях 0,5–1,0 или 1,0–1,5 м. Она появляется в результате обменных реакций или реже из напорных подземных вод.

Часто встречающаяся глубинная солонцеватость почв и грунтов — нежелательное явление, ухудшающее фильтрационные свойства почвогрунтов. Специальных методов борьбы с глубинным осолонцеванием не разрабатывалось. Ему должно препятствовать улучшение качества оросительной воды.

Карбонатообразование. Наличие аккумулятивного карбонатного горизонта в средней и нижней части почвенного профиля — характерная особенность почв степей. Кальций и его углекислые соли служат фактором, стабилизирующим состояние гумуса, ППК, почвенной структуры, препятствуют выносу из почв многих элементов питания. Исследование орошаемых почв Украины, Поволжья (Барановская, Азовцев, 1974, 1981; Приходько и др., 1985, 1986; Биланчин, Жалантай, 1990) показали, что запасы CaCO_3 в слое 0–2 м при поливах пресной водой остаются относительно стабильными, несмотря на длительное орошение. Орошение щелочными и минерализованными водами приводит к выщелачиванию CaCO_3 из слоя 0–1 м (Аниканова, Тищенко, 1986; Розанов, Аниканова, 1986). Вместе с тем, эти же исследователи указывают на возможность накопления карбонатов в верхних почвенных горизонтах при отсутствии промачивания ниже 1 м. Режим растворенной CO_2 , способствующий выносу карбонатов из верхней части почвенного профиля, создается при затоплении под рис (Андреев, Андреева, 1984).

Обсуждение экспериментальных данных

Рассмотрим особенности водно-солевого состояния исследуемых почв Поволжья. Черноземы обыкновенные промыты от лег-

корастворимых солей. Их запасы в слое 0-2 м составляют около 20 т/га (табл. 8).

Таблица 8

Запасы солей в неорошаемых почвах и их изменение при орошении в почвах Поволжья, т/га, n = 4-9

Глубина, см	Тип исполь- зова- ния	Автоморфные условия					Гидроморфные условия		
		Чо* (3/48)	Чю* (4/18)	Кл*~ 8/10	К1*~ (8/10)	Сл*~ (8/10)	КЗ* (6/48)	Бу*^ (9/22)	Бу* (9/22)
		СаСО ₃							
0-50	Богара	51	167	0	152	277	321	428	382
	Разница	+41	+58	+58	+41	-44	-2	-62	+502
50-100	Богара	416	824	675	919	994	1212	2002	1548
	Разница	+21	+35	+237	+5	-21	-64	-3	-120
100-200	Богара	1399	1271	1595	1836	1680	1868	2414	2029
	Разница	+131	-147	-169	-38	+217	+210	-6	-109
0-200	Богара	1866	2262	2270	2906	2951	3356	4845	3959
	Разница	+193	-64	+126	+8	+152	-45	-71	+273
		Легкорастворимые соли							
0-50	Богара	5	5	13	17	50	5	17	13
	Разница	0	+1	-7	-11	-44	+1	-2	-7
50-100	Богара	5	9	6	77	82	9	33	33
	Разница	0	+1	+1	-63	-33	-1	+6	-11
100-200	Богара	9	88	16	155	208	51	245	245
	Разница	+1	-7	+30	+31	-45	-25	-53	-215
0-200	Богара	19	102	35	249	340	65	291	291
	Разница	+1	-5	+24	-43	-122	-25	-49	-233
		Гипс							
0-50	Богара		16	2	15	84	16	16	29
	Разница		+6	+5	-8	-75	+3	0	-7
50-100	Богара		25	15	31	57	14	40	40
	Разница		-2	-3	-16	+82	+3	-2	+5
100-200	Богара		75	29	101	274	76	121	121
	Разница		-2	+452	+615	+435	-12	+15	-31
0-200	Богара		118	46	147	415	106	190	190
	Разница		-2	+454	+581	+442	-6	-17	-33

* В числителе указан № оросительной системы, в знаменателе — срок орошения (лет).

После орошения различной длительности (от 10 до 50 лет — ОУ с-за им. Ленина, Безенчукский ОУ) в автоморфных условиях содержание и запасы солей почти не изменяются. Таким образом, существует установившийся солевой баланс: сколько солей поступает в почву с поливными водами и удобрениями столько

же их вымывается из нее. Обессоливания верхней части орошаемых черноземов не происходит. К такому же выводу пришел С. А. Балюк (1996) после длительного стационарного исследования черноземов Украины. В некоторых регионах отмечалась потеря солей из верхней части профиля черноземов (Моргун, Пачепская, 1978; Позняк, 1992).

При близком залегании к поверхности уровня пресных ГВ на Тепловской ОС после 20 лет орошения Т. К. Платонова (1982) наблюдала на микроповышениях слабое поверхностное хлоридно-кальциевое засоление. На этой системе было начато строительство горизонтального дренажа, после нескольких лет строительства мы провели обследование почв ОС и засоления не выявили. Возможно, что значительное количество вырытых канав послужили дренами для выноса солей.

Таловская ОС

На Таловской ОС изучались два участка: орошаемый с 1968 по 1981 г. агрегатами ДДН-70, после 1981 г. — дождевальными установками (ДУ) "Волжанка" из закрытого трубопровода, нормами около 2000 м³/га, и орошаемый с 1975 г. ДУ "Волжанка", нормами 3000-3500 м³/га, на котором наблюдения велись на площадке 50×50 м, один раз в 2 года. На первом участке исследования проводились на большой площади после 6, 11, 14, 18 лет ирригации вместе с сотрудниками Средволгогипроводхоза.

Режим ГВ¹. До орошения ГВ залегали глубже 10 м. После 5-7-летнего срока орошения вдоль магистрального и распределительных каналов сформировались купола ирригационных ГВ.

На расстоянии 30-50 м от каналов в 1974 г. уровень ГВ наблюдался на глубинах от 2,5 до 4,8 м. В дальнейшем величина купола расширилась до 80-100 м в обе стороны от каналов. После 18 лет поливов в центральной части купола уровень ГВ находился на глубине менее 1 м, минерализация составляла 2 г/л. В период, когда канал заполняется водой, ГВ находятся в полуметровом слое, минерализация их уменьшается. На расстоянии 100 м от каналов ГВ в поливной период поднимались с 2,5-3 до 1,7-2,4 м, концентрация составляла 7-10, в отдельных местах — до 20 г/л. Состав вод хлоридно-натриевый. За время ирригации отмечено уменьшение минерализации ГВ на 1-3 г/л. Скорость подъема ГВ в год составляла 0,5-0,7 м при поливе установкой ДДН-

¹ С 1978 по 1981 г. наблюдения за ГВ проводились под руководством А. П. Клепальского; после 1981 они выполняются гидрогеолого-мелиоративной партией.

70 и 0,3-0,4 м при орошении ДУ "Волжанка". После 12 лет ирригации на Таловской ОС площади с ГВ на глубине 0,5-3 и 3-5 м оставляли приблизительно по 30% каждая. После 18 лет орошения доля почв с близким уровнем ГВ не увеличилась благодаря уменьшению инфильтрационных потерь после замены открытой оросительной сети на закрытый трубопровод (кроме магистрального канала). На богаре на расстоянии 100-350 м от орошаемого массива происходит медленный подъем ГВ, после реконструкции оросительной сети он замедлился.

Солевой режим. Регулярные наблюдения на площадке показали, что после 10 лет ирригации из толщи 0-2 м вынесена половина токсичных солей, а хлориды выщелочены почти полностью. На втором участке из-за значительно меньшей подачи оросительной воды уменьшается объем инфильтрующейся воды и потери солей из 2-метровой толщи почв после 11 лет орошения меньше, чем на описанной выше площадке за тот же период. Так, даже после 18 лет орошения хлориды вымываются в меньшей степени. Однако скорость подъема ГВ на участке в 2 раза больше, чем на предыдущем. Это обусловлено большими потерями воды из распределительных и временных каналов, нарезаемых для установки ДДН-70 (до 1981 г.). Исследованиями А. П. Клепальского (1981) показано, что на пути от пруда до поля теряется 1000 м³/га ежегодно.

Проведенная солевая съемка (М 1:2000) показала, что повсеместное рассоление почвенной толщи происходило в первые 6 лет ирригации. Преобладали глубокозасоленные южные черноземы, незасоленные составляли третью часть (табл. 9).

Таблица 9

Содержание токсичных солей и площадь (S) орошаемых южных черноземов Таловской ОС, засоленных в различной степени (солевая съемка, М 1:2000, данные Е. С. Судьиной)

Степень засоления почв	Слой, м	Содержание токсичных солей, %		S орошаемых Чю, % от S _{оо}	
		1974 г.	1978 г.	1974 г.	1978 г.
Незасоленные	0-2	Нет	Нет	33	11
Глубокозасоленные	1-2	0,24	0,26		
	0-2	0,12	0,13	62	72
Глубокосолончаковые	0-1	0,09	0,08		
	1-2	0,37	0,40		
	0-2	0,23	0,24	4	10
Солончаковые	0-1	Не опр.	0,16		
	1-2	Не опр.	0,44		
	0-2	Не опр.	0,30	0	7

В дальнейшем в почвах, где произошел подъем минерализованных ГВ близко к поверхности, началось вторичное засоление. Солевая съемка, проведенная после 11 лет полива, выявила уменьшение площади незасоленных почв до 11% и появление солончаковых черноземов. Вторичное засоление зависит от глубины залегания и минерализации ГВ. Для Самарской области в неорошаемых почвах расход ГВ на испарение отмечается при залегании ГВ выше 4 м с накоплением легкорастворимых солей в слое 1-2 м почвенного профиля (Бейлин и др., 1980).

При орошении вторичное засоление в слое 1-2 м выявлено при уровне ГВ 2,8-3 м с минерализацией 13-19 г/л при Cl-Na составе. После подъема уровня ГВ, оно развивается за 4-6 лет. С 1981 по 1985 г. уровень ГВ после реконструкции не изменился, за этот период отмечается дальнейшее развитие вторичного засоления, захватывающее толщу 0,8-1 м. При глубине ГВ, равной 2 м, и минерализации 17-23 г/л вторичное засоление в слое 1-2 м отмечается при длительности орошения 11 лет, а после 18 лет — в слое 0,5-2 м. Увеличение засоленности происходит за счет хлоридов натрия и магния, а также сульфатов натрия.

Десятилетнее наблюдение на площадке выявило стабильность содержания CaCO_3 во всех горизонтах почвенного профиля **Чю** при орошении. Неизменность запасов углекислого кальция в слое 0-2 м по сравнению с богарой показана и для большой площади после 14 и 18 лет ирригации.

При длительности орошения 14 лет в почвах с глубоким залеганием ГВ не происходит изменения содержания CaCO_3 ни в одном из почвенных горизонтов по сравнению с неорошаемыми почвами. Исследование тех же разрезов после 18 лет ирригации выявило тенденцию перераспределения карбонатов по профилю, увеличение содержания CaCO_3 на глубине 0,3-0,8 м и уменьшение в слое 1-2 м. При уровне залегания минерализованных ГВ, равном 2 м, в южных черноземах после 14 лет орошения отмечается перераспределение углекислого кальция по профилю, с накоплением в поверхностных горизонтах, которое продолжается в течение последующего орошения.

Обменные катионы. В слое 0-1 м **Чю** ЕКО определяется в основном кальцием; в слое 1-2 м содержание обменных кальция и магния становится приблизительно равным, количество поглощенного натрия возрастает до 14% ЕКО. Вне зависимости от интенсивности и длительности орошения, а также глубины залегания ГВ в поливных землях по сравнению с богарой ЕКО не изменяется. Десятилетнее наблюдение за площадкой выявило улучшение состава обменных катионов на глубине 0,8-1,5 м,

уменьшение содержания обменного натрия и увеличение количества кальция. Уменьшение степени солонцеватости в почвах с глубоким залеганием ГВ отмечается и после 14 лет орошения. В почвах с близким залеганием сильноминерализованных ГВ развивается процесс вторичного осолонцевания. За 4 года стояния ГВ на уровне 2,8-3 м содержание обменного натрия в слое 1-2 м увеличилось в два раза. В почвах с уровнем залегания ГВ, равным 2 м, при их минерализации около 20 г/л степень солонцеватости увеличилась более чем в два раза в слое 0,5-1 м за 4-6 лет после подъема ГВ.

Ершовский ОУ

Режим ГВ. До начала орошения ГВ залегали на глубине 50-60 см в апшеронских песках. В течение 34 лет наблюдения за ГВ не проводились. Съёмки Привожгипроводхоза в 1967 г. обнаружили ирригационный водоносный горизонт, располагающийся на глубине 2-3 м в приканальной зоне, и на глубине более 10 м — на расстоянии 100-200 м от канала.

Регулярные наблюдения стали проводиться с 1969 г. сотрудниками ВолжНИИГиМа (Галибин, 1983). К настоящему времени в почвенно-грунтовой толще на территории станции существует купол ИГВ (рис. 6, 7, 8). Центральная его часть (включает пространство между двумя оросителями и прилегающую к ним полосу шириной до 50 м) имеет горизонтальную поверхность. Периферийная часть окаймляет центральную полосу до 300 м, имеет уклон 0,1-0,3 и не выходит за пределы орошения. Центральная часть купола близка к поверхности (1-3 м), ИГВ имеет минерализацию 2-5 г/л и $\text{SO}_4\text{-Na-Mg}$ -химизм. С глубиной минерализация возрастает до 8-9 г/л без изменения состава солей. В периферийной части купола ИГВ находится на глубине 6-15 м, минерализация составляет 6-10 г/л при $\text{SO}_4\text{-Mg-Na}$ -составе. Послойное изучение ИГВ показало довольно быстрое возрастание минерализации до 19 г/л и изменение состава на Cl-Na .

В зависимости от сезона года уровень и минерализация центральной и периферийной частей купола ИГВ изменяются по-разному. В центре купола весной выявлены наименьшие глубина залегания и минерализация, летом колебания этих параметров определяется режимом орошения. В период после прекращения поливов до весеннего снеготаяния происходит снижение уровня и увеличение минерализации ИГВ. Колебание в течение года уровня ИГВ составляет 2-3 м, минерализация — 3-5 г/л (табл. 10). В периферийной части купола наиболее высокое стояние ИГВ отмечается в осенний период в основном за счет оттока вод

с центральной части купола, годовая амплитуда уровня ИГВ не превышает одного метра. Закономерных колебаний минерализации вод не выявлено.

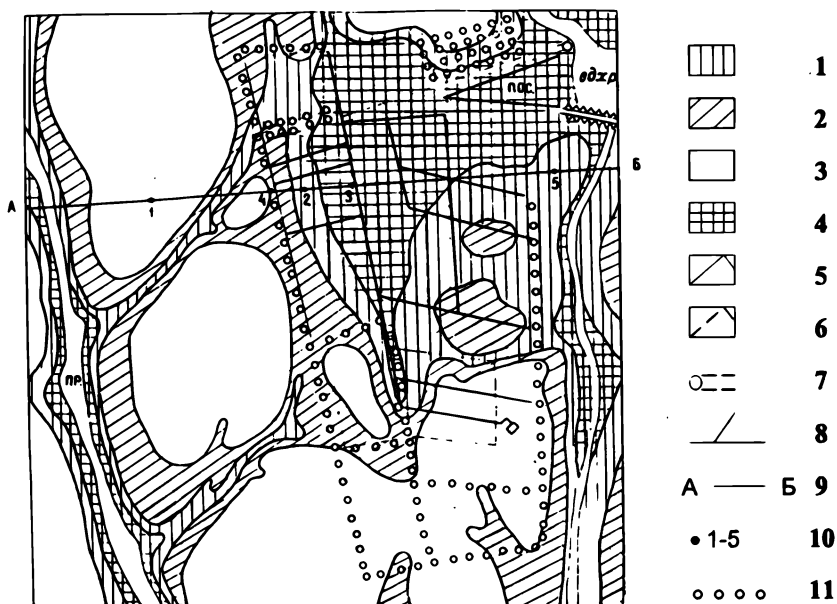


Рис. 6. Поверхностные и грунтовые воды на территории Ершовского ОУ. Данные 1983 г.

Условные обозначения: Глубина залегания верховодки:

1 — 3-10 м; 2 — 10-20 м; 3 — верховодка отсутствует;

4 — ближе 3 м. Границы орошения: 5 — регулярного;

6 — нерегулярного; 7 — трубопровод; 8 — каналы;

9 — линии профиля А-Б; 10 — разрезы; 11 — лесные полосы.

Регулярные наблюдения показали, что в центральной части орошаемого участка существует установившейся гидродинамический режим ИГВ, что проявляется в постоянстве среднегодового уровня, степени минерализации и состава солей на фоне внутрисезонных их колебаний. В периферийной части орошаемого участка происходит постепенный подъем ИГВ со среднегодовой скоростью 0,3 м в год и снижением минерализации. Основной причиной изменения водного режима служит значительная инфильтрация воды в грунты. Она определяется потерями воды из каналов и на орошаемых полях при поливе (особенно при поливе по бороздам и чекам в период до 1961 г.), а также снижением

поверхностного стока и накоплением на орошаемом пространстве запасов влаги в снежном покрове до 250% по сравнению с запасами на неорошаемых почвах (Кузник, 1979).

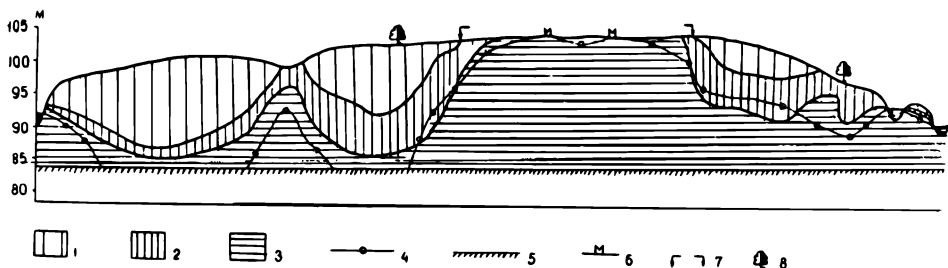


Рис. 7. Влажность почвогрунтов Ершовского ОУ (профиль А-Б).
Условные обозначения: 1 — влажность <18 вес.%;
2 — влажность 18-22 вес.%; 3 — влажность >22 вес.%;
4 — уровень верховодки; 5 — относительный водоупор;
6 — каналы; 7 — границы орошения; 8 — лесные полосы.

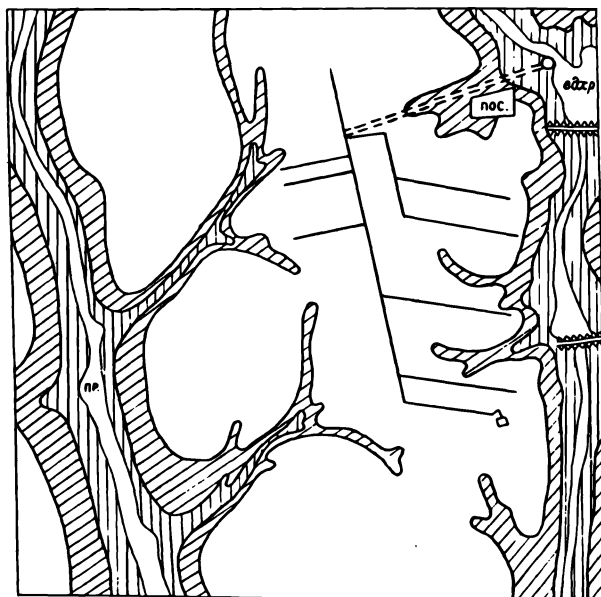


Рис. 8. Поверхностные и грунтовые воды на территории Ершовского ОУ. Данные 1938-1939 гг.
Условные обозначения: см. рис. 6.

В приканальной полосе установился стабильный ирригационно-климатический режим ИГВ, компенсированный десуктивным испарением и внутригоризонтным оттоком. На периферии орошаемого участка существует неустановившийся режим, положительно-декомпенсированный инфильтрационными потерями и притоком с приканальной части.

Таблица 10

Характеристика ИГВ в КЗ Ершовского ОУ в зависимости от времени года и расстояния от канала (1969-1978 гг.).

Данные А. Н. Галибина (1983)

Расстояние от канала, м	Уровень грунтовых вод, м				Минерализация грунтовых вод, г/л			
	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима
75 (на восток)	1,4	1,6	2,3	2,7	2,6	3,4	5,2	5,4
10 (на запад)	0,9	1,4	2,4	*	3,0	3,4	5,2	*
20 (на запад)	1,4	1,9	2,5	2,6	2,5	3,1	4,5	4,9
50 (на запад)	2,1	2,4	2,8	3,0	6,9	7,4	8,1	8,6
150 (на запад)	5,0	4,4	4,5	5,0	8,5	8,2	7,8	7,9
200 (на запад)	6,5	6,2	5,8	5,8	6,1	8,4	3,7	*

* — Определения не проводились.

Солевой режим. Изменение водного режима при орошении приводит к смене солевого режима почвогрунтов. Содержание солей в первом метре КЗ не превышает 0,10% с преобладанием ионов Ca^{2+} и HCO_3^- . Можно отметить, что по содержанию солей в первом метре КЗ не отличаются от близлежащих ложбин, промытых на большую глубину. В слое 1,5-2 м плотный остаток увеличивается до 0,40%, глубже 15 м колеблется от 0,34 до 0,50% (Галибин, 1983).

Содержание хлоридов возрастает от 0,04 до 0,80 в почвенной толще и до 2,8 мг-экв/100 г в грунтовой толще на глубине 15 м (рис. 9). В первом метровом слое количество сульфатов составляет 0,45, во втором увеличивается до 3,8 мг-экв/100 г. В почве гипсовый горизонт залегает на глубине 1,3-1,5 м. В желто-бурых суглинках имеется 3-6 аналогичных горизонтов. Глубина залегания и степень выраженности солевых аккумуляций широко варьирует (коэффициент вариации содержания сульфатов в грунтах — 90-120%).

В составе солей аккумулятивных горизонтов доминируют сульфаты кальция и магния, присутствуют сульфаты и хлориды натрия и магния. Сумма водорастворимых солей в зоне накопления колеблется от 0,5 до 1,2-1,5%. Между солевыми горизонтами находится опресненная зона с содержанием солей около 0,3%, в которой преобладают сульфаты натрия и магния под гипсом.

В нижней части профиля КЗ отмечается солонцеватость, присутствие солей NaHCO_3 и даже Na_2CO_3 . Формирование глубинной солонцеватости связано с обменными реакциями и вытеснением Na из ППК при нисходящем движении гидрокарбонатов натрия.

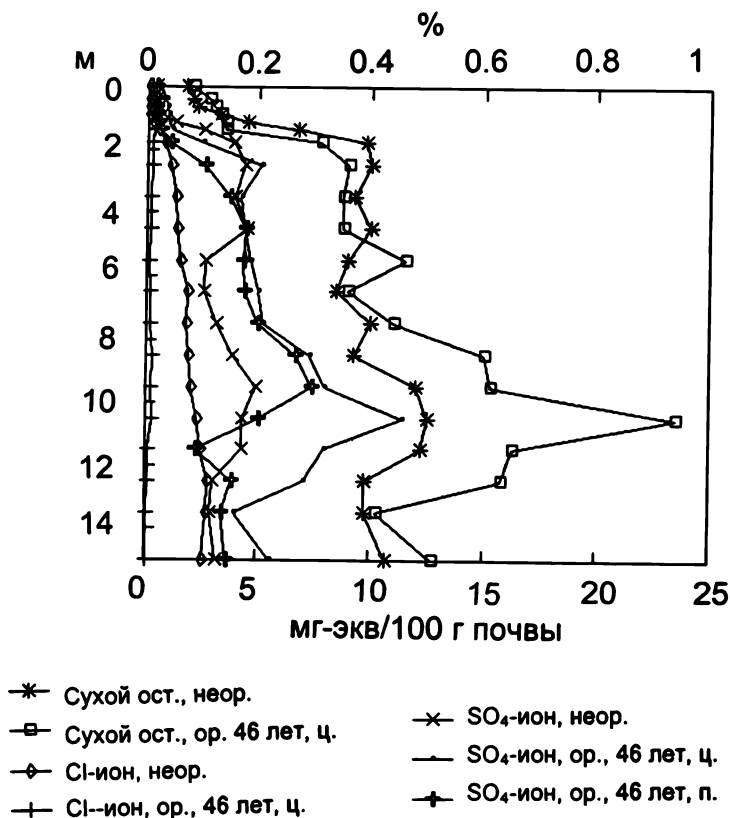


Рис. 9. Общее содержание солей (%), Cl^- и SO_4^{2-} -ионов (мг-экв/100 г почвы) в КЗ Ершовского ОУ (ц - центральная часть, п - периферийная часть)

Таким образом, почвенная толща значительного рассолена и солевой состав дифференцирован в зависимости от миграционной способности солей в условиях глубокого залегания грунтовых вод и длительного господства элювиальных процессов на территории Сыртовой равнины.

В орошаемых почвах идет рассоление почвенно-грунтовой толщи. В наибольшей степени оно выражено в приканальной зоне, с удалением от нее на периферию орошаемого массива, влияние орошения выражено слабее и за пределами участка не обнаруживается.

Не наблюдается обессоливания первого метра почв, напротив, в его пределах общее количество солей немного увеличивается за счет хлоридов и сульфатов. Это объясняется в основном выпадением солей при испарении поливной воды, привнесом их с удобрениями. В орошаемых почвах отмечается вынос солей из слоя 1-5 м, в наибольшей степени он происходит из первого солевого горизонта (1,25-2 м), где общее количество солей уменьшается приблизительно в два раза; на глубине 5-8 м количество солей не изменяется; в толще 8-15 м — увеличивается по сравнению с такими же глубинами в неорошаемых почвах.

Сравнивая запасы солей следует указать, что в почвах на периферии орошаемого участка, где грунтовые воды залегают глубоко, вынос солей 0-5 м равен накоплению в слое 5-10 м.

В центральной части массива орошения с близким залеганием грунтовых вод баланс солей иной, увеличение их запаса на глубине 5-15 м превосходит вынос из слоя 0-5 м. Этот факт следует, вероятно, объяснить эффектом диспергирования солей и активации их запасов в водонасыщенной толще, в результате в водную вытяжку переходит больше солей, чем из толщи до водонасыщения. Такое же явление отмечали А. П. Бирюкова и А. Н. Нусбаумер (1971) при промывках засоленных почв южного Заволжья. Этот эффект сильнее сказывается на содержании сульфатов, очевидно за счет мобилизации гипса и большего его выхода в водную вытяжку. Наибольший вынос (более половины) сульфатов отмечается при орошении на глубине 1-2 м, в меньшей степени их убывает из слоя 2-5 м. Общее количество вынесенных сульфатов из слоя 0-5 м не превышает 30 кг/га.

Рассоление сыртовых грунтов при орошении наиболее выражено для хлоридов. Центральная часть полностью освободилась от хлоридов на всю исследуемую глубину 0-20 м. В периферийной части хлор-ион вынесен из 7-8 м толщи, небольшая его аккумуляция отмечается в слое 12-20 м, но она меньше, чем его количество вынесенное из вышележащей толщи.

Отсутствие вторичного засоления почв на близком уровне ИГВ (менее 3 м) объясняется несколькими причинами: формированием стабильного уровня ИГВ в опресненных грунтах, непродолжительность ирригационно-испарительного (десуктивного) периода, наличием бокового внутригрунтового потока в

пределах водоносного горизонта, отсутствием связи с грунтовыми водами (напорными), высокой культурой земледелия, сводящей до минимума физическое испарение влаги.

Запасы карбонатов в слое 0-200 см при орошении существенно не изменяются. В. А. Барановская и В. И. Азовцев (1981) отмечают окарбоначивание верхних горизонтов орошаемых почв станции при сопоставлении площадки-аналога (25×25 м) на богаре и орошении. Нами при исследовании разрезов, равномерно расположенных по станции, увеличение содержания карбонатов в слое 0-50 см при орошении не выявлено. Запасы карбонатов в слое 0-0,5 м варьируют от 100-200 до 600 т/га как в орошаемых, так и в богарных почвах. Важно подчеркнуть, что в результате орошения темно-каштановых почв не отмечается значительных потерь карбонатов.

Палласовская ОС

Как показали наблюдения, в течение 10-летнего срока орошения установками "Фрегат" глубина уровня ГВ практически не изменилась: 6,8-6,9 м и в 1976 г. и 6,4-6,5 м в 1986 г. Минерализация составляет 4-10 г/л, под солонцами иногда достигает 20 г/л. В светло-каштановых почвах и солонцах произошли изменения, преимущественно положительного характера. Пахотный горизонт стал более однородным, гомогенным, приобрел комковатую структуру. Солонцеватый горизонт в значительной степени деградировался, столбчато-призматическая структура сменилась комковато-призматической. Весьма заметно изменился карбонатный профиль. Произошло разрушение плотных новообразований CaCO_3 (белоглазка), значительно уменьшилось количество визуально выделяемых макроформ, стали преобладать дисперсные формы карбонатов, линия вскипания поднялась с 0,3-0,5 м к поверхности. Запасы карбонатов в слое 0-2 м не изменились. В метровом слое уменьшилось содержание солей и обменного натрия. Гипс из подсолонцового горизонта вымылся с аккумуляцией на глубине 1,5-2,0 м, где сформировалась своеобразная солевая "плита", с большим количеством новообразований в виде скоплений кристаллов. Она распространяется и на лугово-то-каштановые почвы, где до орошения соли отсутствовали.

При орошении в сухостепной зоне в автоморфных условиях происходит нивелировка пространственной неоднородности (связанной с мезо— и микрорельефом) степени и химизма засоления почв и ГВ. Происходит опреснение верхней толщи К1 и Сн и засоление из-за боковой миграции нижних горизонтов Кл.

Рыбацкий ОУ

На Рыбацком ОУ было заложено две площадки, одна на участке, поливаемом напуском, а вторая — дождеванием (ДДА-100М), кроме того, выкапывались разрезы по всей площади орошения. Из-за значительной фильтрации из необлицованных оросительных каналов, а также из-за потерь воды на инфильтрацию при поливах напуском после 22 лет орошения грунтовые воды поднялись с 12-30 м до 1,5-2 м. Их минерализация не превышает 3 г/л. Отмечается заболачивание вдоль оросительных каналов.

Повторная солевая съемка (М 1:10.000), проведенная станцией химизации после 17 лет поливов, показала, что по сравнению с 8-летним сроком ирригации площадь незасоленных почв увеличилась с 21 до 38%, в основном за счет уменьшения площади слабозасоленных почв (табл. 11). Сильно и средnezасоленные почвы составляют около 40%.

Таблица 11

Изменение степени засоленности орошаемых бурых
пустынно-степных почв Рыбацкого ОУ в слое 0-1,5 м,
% от площади участка

Срок орошения, лет	Степень засоленности почв				
	Засолен- ности нет	Слабая	Средняя	Сильная	Очень сильная
8	21	41	6	32	0
17	38	28	11	15	8

Благодаря наличию открытых дрен глубиной 1,5 м и подсти- ланию супесью с глубины 1,5-2,5 м вторичное засоление на уча-стке не происходит. При поливах напуском происходит большее опреснение по сравнению с почвами, поливаемыми методом дождевания.

Запасы карбонатов кальция в двухметровом слое почв при орошении не изменяются. При поливах напуском отмечается подтягивание карбонатов к верхним горизонтам. Так, в слое 0-40 см их содержание увеличилось с 2 до 11% за счет миграции из нижних горизонтов.

Этапы изменения эколого-мелиоративной обстановки при орошении на Ершовском ОУ

Мелиоративный фонд на Сыртовой равнине составляет 1 млн. га. Почвенно-мелиоративные условия сложные, недостаточно изучены. На основании комплексного исследования и обобще-

ния литературных материалов (Медведев, 1974; Кузник, 1979; Галибин, 1983; 1985; Приходько и др., 1985 и др.) выделены этапы изменения эколого-мелиоративных условий на Ершовском ОУ.

ПЕРВЫЙ ЭТАП.

Приканальная полоса. Длительность 6 лет (1934-1940 гг.).

Под магистральным каналом в пределах 6 м по обе стороны от него произошло быстрое и интенсивное намачивание грунтов до глубины 10 и более метров, боковое растекание влаги наблюдается в слое 2-6 м. Под каналом имеется узкий нерастекающийся вал верховодки, пропадающий в осенне-зимний период. Почвогрунты выщелачиваются от легкорастворимых солей и мелкокристаллического гипса. Изменяются водно-физические свойства, глинистые частицы диспергируются, увеличивается количество активного ила, породы набухают, переходят в вязкопластичное состояние. Формируется слой частично-тиксотропного грунта, в котором вследствие перехода поровой влаги в связанное состояние, замедляется вертикальная миграция растворов.

Орошаемое поле. Длительность 16 лет (1934-1950 гг.).

Происходит намачивание почв и грунтов, заполнение межблочного пространства влагой, центральная часть блоков остается сухой. Грунты освобождаются от хлоридов до глубины 3-10 м, от сульфатов натрия до 1-2 м. Растекание верховодки от канала составило 10-20 м, водоносный горизонт неустойчив во времени, в осенне-зимний период он резко опускается или полностью исчезает. Существенных изменений свойств и состава темно-каштановых почв в этом периоде не произошло.

ВТОРОЙ ЭТАП.

Приканальная полоса. Длительность 25 лет (1940-1965 гг.).

Приканальный бугор верховодки распространяется на 40-50 м и смыкается с верховодкой, сформированной на орошаемых полях. В зимний период водоносный горизонт не обнаруживается. Минерализация верховодки на краях купола составляет 10-12 г/л при сульфатно-натриевом составе. Из полностью увлажненных грунтов продолжается вынос легкорастворимых солей и растворение гипса. От хлоридов освобождается толща 15-20 м, и слой 2-3 м — от сульфатов натрия.

В опресненных грунтах под каналом происходит дальнейшее увеличение частично-тиксотропной прослойки, по поверхности которой возникает горизонтальный отток инфильтрационной влаги.

Орошаемое поле. Длительность 15 лет (1950-1965 гг.).

Происходит формирование устойчивого ирригационного водоносного горизонта на глубине 10-15 м, обособляется стабильная (по внутригодовой динамике уровня и отчасти минерализации) зона в 40-50 м в приканальной полосе. За счет инфильтрационных потерь происходит наращивание мощности ИГВ и приближение их к поверхности.

Грунты водонасыщены, из них продолжается интенсивное выщелачивание легкорастворимых солей и мелкокристаллического гипса.

Изменяется морфология почвенного профиля: приобретает подвижность гумус, размываются новообразования карбонатов, перемещается ил.

ТРЕТИЙ ЭТАП.

Продолжительность 14 лет, 1965-1991 гг.

На всей территории орошаемого участка существует единый горизонт ИГВ. В центральной его части режим ГВ стабильный и определяется сложившимися гидрологическими условиями и особенностями водопользования. В периферийной части участка уровень ГВ поднимается, а минерализация уменьшается в пределах до 15 метровой глубины.

В современный период на орошаемых полях ЕОС существует единый горизонт ирригационных грунтовых вод, залегающий на глубине от 2 до 5-12 м; в приканальной полосе состав солей по глубине не изменяется и остается сульфатно-натриевым, а на периферии участка — переходит в хлоридно-натриевый.

Продолжается дальнейшее изменение свойств почв. Водно-физические свойства ухудшаются: почвы находятся в переувлажненном уплотненном состоянии, уменьшается порозность, снижается количество водопрочных агрегатов, проявляются оглинивание поверхностных горизонтов и признаки восстановительных условий во втором метре почв. Отмечается разрушение хлоритов и возрастание супердисперсности лабильных структур илистой фракции под влиянием ионов натрия, содержащегося в ирригационных ГВ. За счет глубокой вспашки произошло закарбоначивание пахотного горизонта и увеличение его мощности до 40-50 см. По профилю почв продолжается размыв гумуса, карбонатов, пептизация и перемещение ила.

В толще грунтов происходит дальнейшее выщелачивание солей: от сульфатов кальция освобождается 3-4 м толщи, от хлоридов, по-видимому, вся зона аэрации. С удалением от канала зона опреснения уменьшается.

Промытые от легкорастворимых солей и постоянно водонасыщенные грунты находятся в частично-тиксотропном состоянии, образуя условно водонепроницаемую прослойку, препятствующую оттоку влаги к периферии участка.

Прогноз почвенно-мелиоративных условий на Ершовском ОУ

Анализ современной эколого-мелиоративной обстановки и изменение ее во времени показывает, что при орошении главную роль играет элювиальные процессы и гидроморфные условия. При этом выяснилась довольно высокая устойчивость темно-каштановых почв при интенсивном орошении. Изменения в содержании гумуса, карбонатов, ППК, валовом и минеральном составе оцениваются с качественной стороны, с количественной — распределение ила, содержание солей, величины влажности, объемного веса, порозности.

Высокая карбонатность темно-каштановых почв служит условием сохранения ряда производственно важных свойств почв и плодородия в целом. При отрицательном балансе CaCO_3 резкое ухудшение почв неизбежно. С целью предотвращения этого процесса требуется внесение таких мелиорантов, как гипс, фосфогипс, известь.

Современная мелиоративная обстановка на Ершовском ОУ сложилась в условиях промывного водного режима и слабого бокового оттока. Соответственно при увеличении оттока рассоление территории усилится, а при его отсутствии возникнут восходящие токи влаги, а вместе с этим и аккумулятивные процессы.

Как показал опыт орошения, желто-бурые сыртовые суглинки, освобожденные от легкорастворимых солей и гипса вследствие пептизации коллоидов, приобретают иные свойства, чем те которыми обладают грунты неорошаемых территорий. При этом породы переходят в частично тиксотропное состояние, образуя прослойку, внутри которой передвижение влаги замедляется.

Резюме

Таким образом, в Поволжье при поливах пресной водой в автоморфных условиях происходит рассолонцевание и рассоление почвенно-грунтовой толщи. Рассоление наиболее выражено для хлоридов — за 30-50 лет ирригации они могут быть вынесены из 20-50 см слоя, сульфаты натрия — из 3-5, сульфаты кальция — из 2-3 м слоя. Исключение составляют луговато-каштановые почвы сухостепной зоны, в которых после 10 лет поливов отмечается засоление, увеличение содержания обменного натрия во втором метре в результате бокового притока солей с солонцов,

занимающих микроповышения, и со светло-каштановых почв, располагающихся на микросклонах.

При создании гидроморфных условий на орошаемых массивах при уровне и минерализации ГВ выше критических и отсутствии дренажа развивается вторичное засоление почв. Гологенез характеризуется тем же химизмом, что и естественное засоление, а отличается более высокой скоростью формирования. Искусственный дренаж препятствует развитию вторичного засоления. На некоторых исследуемых ОС отмечается повышение обменного натрия в **гор. Апах** до 2-3% ЕКО (табл. 12). И. Н. Гоголев (1993), наблюдавший слабое осолонцевание черноземов при поливах качественной водой, объясняет его тем, что в межполивной период высыхание почвы приводит к увеличению минерализации почвенного раствора и осаждению из него катионов Ca^{2+} с анионами CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , тогда ионы Na^+ , сохраняющие свою подвижность, внедряются в ППК. Осолонцевание интенсивнее протекает в условиях относительно большого содержания обменного натрия при низкой минерализации почвенного раствора (Хитров, 1995).

Запасы карбонатов кальция в слое 0-2 м при орошении существенно не изменяются. Это определяется благоприятным режимом CO_2 почв Поволжья (Барановская, Азовцев, 1981).

Таблица 12

Емкость катионного обмена и количество обменного натрия в почвах Поволжья

Глубина, см		Тип использования	Автоморфные условия						Гидроморфные условия					
			Чо* (1/10)	Чо* (2/45)	Чю* (4/14)	КЗ* (5/35)	К1* (8/10)	Сн* (8/10)	Чо* (3/50)	Чю* (4/14)	КЗ* (8/48)	К2* (7/50)	Бу*^ (9/22)	Бу* (9/22)
			Емкость катионного обмена, мг-экв/100 г почвы											
0-30	Богара	33	39	43	28	23	23	38	43	32	15	18	20	
	Разница	+2	-9	-1	-4	+2	+4		+2	0	+6	+5	-1	
30-50	Богара	34	35	42	29	26	27	43	42	30	27	24	20	
	Разница	-1	-7	0	-5	-1	+1		+3	0	-4	-1	+1	
50-75	Богара	29	32	38	30	23	22	34	38	26	21	21	20	
	Разница	-1	-8	+2	-7	-1	+4		+8	+1	+2	+3	0	
75-100	Богара	25	28	37		18	18		37	25	15	23	17	
	Разница	0	-7	0		+3	+4		+10	0	+6	+2	+5	
100-150	Богара	24	24	35			16		35	26	23		17	
	Разница	0	-7	+4					0	-1	-2		0	
150-200	Богара	25	23	43					43	23			18	
	Разница	-2	-7	+8					-7	+2			-1	

Таблица 12 (продолжение)

Глубина, см	Тип использования	Автоморфные условия						Гидроморфные условия					
		Чо* (1/10)	Чо* (2/45)	Чю* (4/14)	КЗ* (5/35)	К1* (8/10)	Св* (8/10)	Чо* (3/50)	Чю* (4/14)	КЗ* (8/48)	К2* (7/50)	Бу*^ (9/22)	Бу* (9/22)
		Обменный натрий, % от ЕКО											
0-30	Богара	0	1	1	0	4	5	2	1	1	3	5	1
	Разница	0	0	0	+2	-4	-3		+1	+1	+17	-4	0
30-50	Богара	0	1	1	0	8	15	3	1	2	6	16	1
	Разница	0	0	0	+2	-6	-13		+2	0	+19	-15	0
50-75	Богара	1	1	2	1	9	10	3	2	3	12	14	1
	Разница	-1	0	0	+1	-5	-5		+5	-1	+14	-12	+1
75-100	Богара	2	1	7		3	8	6	7	7	18	10	1
	Разница	-1	0	-2		0	+2		+5	-5	+9	-8	+1
100-150	Богара	4	1	13		20			13	7		6	1
	Разница	-2	+1	-4		-6			+6	-4		-4	+1
150-200	Богара	8	2	13		20	15		13	8		4	1
	Разница	-2	0	-4		-6	+13		+6	-3		-3	0

^{*)} В числителе указан № оросительной системы, в знаменателе — срок орошения (лет).

Отмечается увеличение (не везде) карбонатности гор. Апах за счет припашки нижнего карбонатного слоя и подтягивания углекислых солей из более глубоких горизонтов, особенно интенсивное в бурой пустынно-степной почве при поливе напуском.

Как показал опыт орошения, желто-бурые сыртовые суглинки, освобожденные от легкорастворимых солей и гипса вследствие пептизации коллоидов, приобретают иные свойства, чем те которыми обладают грунты неорошаемых территорий. При этом породы переходят в частично тиксотропное состояние, образуя прослойку, внутри которой передвижение влаги замедляется.

4.6. ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ И ЕГО ДИНАМИКА

Для практики орошаемого земледелия важное значение имеет возможность прогноза изменения баланса органических веществ при орошении и прогноза изменения состава гумуса.

Д. С. Орлов, Е. М. Аниканова,
В. А. Маркин, 1990. С. 36

Функционирование почв во многом зависит от количества и качества органического вещества (ОВ). Образующийся органо-

минеральный комплекс определяет плодородие, устойчивость, экологическую безопасность и выполнение почвой функций в биосфере.

Литературные данные о гумусообразовании в орошаемых почвах

При орошении отмечаются две тенденции изменения содержания и запасов гумуса по сравнению с богарными почвами:

1. Уменьшение в начальный период ирригации с последующей стабилизацией (Орлов и др., 1980; Крупеников и др., 1985; Кукоба и др., 1985).

2. Стабильное состояние с тенденцией увеличения содержания гумуса (Глотова, 1956; Барановская, Азовцев, 1973; Джиндил, 1974; Фильков, Попова, 1981; Позняк, 1992). Гумусное состояние почв при орошении в значительной степени зависит от культуры земледелия и химического состава поливной воды. При ее высоком качестве, наличии в севообороте многолетних трав, внесении органических удобрений, содержание гумуса в орошаемых почвах не уменьшается (Антипов-Каратаев, Филиппова, 1955; Приходько, 1984; Полупан, 1986; Балюк и др., 1990).

Установленные изменения качественного состава гумуса при орошении многообразны. Они определяются уровнем культуры земледелия, качеством поливной воды, режимом орошения, изменением других свойств почв при дополнительном увлажнении. Выявлена динамичность взаимных переходов между гуминовыми (ГК) и фульвокислотами (ФК) и, в частности, их отзывчивость на различные агротехнические приемы (Ионенко, 1986). Большинство исследователей указывают на увеличение подвижности гумусовых веществ под влиянием орошения, их миграцию по профилю почв, вынос за его пределы. При этом не исключается возрастание количества углерода негидролизуемого остатка. Величина отношения $C_{гк}/C_{фк}$ может снижаться, за счет увеличения содержания ФК, как на фоне неизменного количества ГК, так и его уменьшения (Джиндил, 1974; Орлов и др., 1980). Как правило, в орошаемых почвах опытных станций состав гумуса становится более гуматным, иногда даже при поливах слабоминерализованной водой (Супряга, 1977; Болдырев, Сафонова, 1978). Специальное изучение Т. В. Поповой (1989) гумуса черноземов, орошаемых слабоминерализованными водами с неблагоприятным составом из озер Сасык и Китай, показало, что в случае осолонцевания почв происходит уменьшение содержания гумуса, гуминовых кислот, увеличение содержания фульвокис-

лот. Посевы люцерны, гипсование и известкование почв способны в значительной степени нивелировать эти изменения.

Микроформы ОВ более динамичны и изменяются в большей степени, чем химический состав гумуса. Сгустковые, хлопьевидные более устойчивые микроформы гумуса частично сменяются точечными, диспергированными микроформами отмечается осветление микрогумуса, увеличивается количество тонкого детрита, углистых частиц, выделений зоофауны (Целищева, Козловский, 1983; Турсина, 1988; Песочина, Приходько, 1992).

Накопившийся литературный материал, в большей степени касающийся черноземов, в меньшей мере каштановых почв, позволяет говорить об изменении количества гумуса при орошении. Работ об изменении качественного состава гумуса орошаемых почв меньше, в основном приводятся анализы единичных разрезов. Микроморфологические особенности ОВ орошаемых почв почти не изучены. В своих исследованиях мы постарались восполнить этот пробел, изучая почвы Поволжья.

Методы исследований

Количество разрезов на орошаемом массиве и прилегающей богаре составляло: для определения общего содержания гумуса — 7-20, для определения состава гумуса 3-5, из этого количества выбирались наиболее типичные профили (1-2) для отбора образцов для микроморфологических исследований. Фракционно-групповой состав гумуса определялся из образцов с естественной влажностью по методу И. В. Тюрина (Орлов, Гришина, 1981). Проводилось препарирование мезоструктурных отдельностей: серых затеков, межтрещинной массы и кутан с граней структурных отдельностей из КЗ Ершовского ОУ и Чо совхоза им. Ленина.

Характеристика ОВ осуществлялась на основе терминологии, принятой в настоящее время в микроморфологии (Парфенова, Ярилова, 1977; Ромашкевич, Герасимова, 1982; Методическое руководство., 1983). Однако некоторые из этих терминов несовершенны. Например, "углефикация" растительных остатков — это не формирование в прямом смысле угля, а образование в процессе гумификации частиц, внешне сходных с углистыми. Они черного цвета, непрозрачные, угловатые, разного размера. Подсчет количества углеподобных частиц проводился при увеличении в 110 раз в 10-кратной повторности по секторам поля зрения с пересчетом их содержания на единицу площади (1 мм²).

Дана статистическая характеристика результатов. При уровне значимости 0,95 проведено сравнение для орошения и богары

данных всех групп ОВ. Показано, что содержание гумуса, ГК2, суммы ГК, суммы ФК, величина отношения Сгк/Сфк имеют наименьшую вариабельность (4-24%), тогда как содержание ГК1 наиболее вариабельно (23-87%). Коэффициент вариации содержания углерода и всех групп ОВ увеличивается вниз по профилю. Это обусловлено наличием внутритрещинной массы (серые затеки), обогащенной ОВ, и межтрещинной массы, слабо затронутой гумусообразованием, перерытостью землероями (особенно на). У большинства исследованных почв варьирование содержания всех групп ОВ при орошении увеличивается, а у черноземов южных, напротив, уменьшается. Это можно объяснить тем, что на Чю в течение 14 лет выращиваются многолетние травы, и пять лет не производится обработок почв. Травы, вероятно, способствуют пространственной гомогенизации состава ОВ. При таких величинах коэффициента вариации необходимо исследовать не менее 4-5 почвенных разрезов. Такая выборка позволяет получать данные с точностью 20%, при уровне вероятности 0,80. Только для групп гумуса, имеющих коэффициент вариации меньше 9%, точность полученных данных может быть повышена до 10%, при вероятности 0,90.

Динамика содержания и запасов гумуса в орошаемых почвах

Для исследуемых ОС и ОУ проследили динамику содержания гумуса в течение 10-50 лет. Кроме большого собственного полевого материала использовались литературные и фондовые данные многих проектных и научных организаций Поволжья, касающиеся изучаемых массивов и других ОС Поволжья.

Анализ динамики количества гумуса показал, что она различна на экспериментальных участках и в производственных посевах хозяйств. На опытных станциях поддерживается высокий уровень культуры земледелия: вносится ежегодно 1,5-3 т/га (и более) минеральных туков, 8-10 т/га органических удобрений, выращивается люцерна до 30% в севообороте, производится оптимальная агротехника и своевременные нормированные поливы, борьба с вредителями и сорняками и др.; высокие урожаи обеспечивают поступление в почву достаточного количества растительных остатков. В этих условиях, как показывает опыт Безенчукского, Ершовского и Энгельсского ОУ, сохраняется положительный баланс гумуса в течение 35-50 лет (табл. 13, 14). В условиях хозяйств культура земледелия заметно ниже: меньшее внесение удобрений (особенно органических до 2-4 т/га) и нарушение режимов орошения приводят к снижению урожаев при возросшей микробиологической активности. В ряде случаев даже

в кормовых севооборотах при выращивании многолетних и однолетних трав (более 50%) на черноземах происходит потеря 10-25% гумуса после 10-20 лет орошения (ОУ с-за им. Ленина, Та-ловская ОС).

Таблица 13

Динамика содержания гумуса в обыкновенных черноземах

Глубина, см	Безенчукский ОУ							ОУ с-за им. Ленина			
	Неорошаемые			Срок орошения, лет				Неорошаемые		Срок орошения, лет	
	1934 ^a	1969 ^b	1982	5	27 ^c	35 ^b	48	1981	1986 ^c	10	15
0-30	4,8	4,0	5,0	4,9	5,2	4,3	5,1	5,8	5,4	5,7	5,3
30-50	3,7	3,4	4,4	4,1		3,7	4,0	4,6	4,4	4,5	3,9
50-75	3,2	2,8	3,0	3,1		3,0	3,4	2,7	2,3	2,5	2,1
75-100	1,4	1,8	2,1	2,2		2,0	2,5	1,4		1,2	1,2
100-150	1,0	0,9	0,9	1,0		1,1	1,3				
п	8	10-20	12	5	8	10-20	10	7	32	7	7

Данные: ^a — В. Г. Зольникова (1949); ^b — В. А. Барановской, В. И. Азовцева (1973) (разрезы заложены на площадке, остальными исследователями по всей площади орошения); ^c — Средволгогипроводхоза.

Таблица 14

Запасы гумуса неорошаемых почв и их изменение при орошении в почвах Поволжья, т/га, п = 7-28

Глубина, см	Тип использования	Автоморфные условия					Гидроморфные условия		
		Чо* (2/48)	Чю* (4/18)	Кл* 8/10	К1* (8/10)	См* (8/10)	К3* (6/48)	Бу*^ (9/22)	Бу* (9/22)
0-30	Богара	298	207	166	99	104	156	72	42
	Разница	-5	+8	-14	+15	+5	-1	-5	-8
50-100	Богара	168	90	32	70	48	62	31	23
	Разница	+34	-20	+24	+6	-6	+4	-7	0
100-200	Богара	96	90	67	64	87	67	45	30
	Разница	+26	-22	+14	0	-13	-4	+1	-7
0-200	Богара	562	387	265	233	239	285	148	95
	Разница	+55	-34	+24	+21	-14	-1	-12	-15

* В числителе указан № оросительной системы, в знаменателе — срок орошения (лет).

Запасы гумуса в каштановых почвах и солончах на оросительных системах Волгоградской области за 20 лет в гор. Апах сократились на 5-10%, в луговато-каштановых — на 10-25% (табл. 15).

Таблица 15

Изменение содержания гумуса (%) в орошаемых почвах
Волгоградской области за 20 лет

Глубина, см	Каштановая почва					Солонец					Луговато-каштановая почва				
	1963 г.		1985 г.		Изменение	1963 г.		1985 г.		Изменение	1963 г.		1985 г.		Изменение
	$\frac{M}{V}$	n	$\frac{M}{V}$	n		$\frac{M}{V}$	n	$\frac{M}{V}$	n		$\frac{M}{V}$	n	$\frac{M}{V}$	n	
Генераловская оросительная система															
0-30	$\frac{1,8}{10}$	4	$\frac{1,8}{6}$	15	0						$\frac{3,0}{12}$	3	$\frac{3,0}{28}$	6	0
30-40*	$\frac{1,3}{16}$	3	$\frac{1,2}{14}$	16	-0,1						$\frac{2,0}{14}$	3	$\frac{1,5}{16}$	6	-0,5
Городищенская оросительная система															
0-30	$\frac{2,0}{8}$	15	$\frac{1,9}{15}$	10	-0,1						$\frac{3,2}{28}$	19	$\frac{2,9}{11}$	10	-0,3
30-40	$\frac{1,7}{18}$	12	$\frac{1,4}{20}$	7	-0,3						$\frac{2,5}{15}$	15	$\frac{2,3}{22}$	10	-0,2
Калачевская оросительная система															
0-30	$\frac{1,9}{7}$	53	$\frac{1,9}{22}$	6	0	$\frac{1,7}{25}$	7	$\frac{1,5}{12}$	4	-0,2	$\frac{3,1}{16}$	15	$\frac{2,5}{9}$	3	-0,6
30-40	$\frac{1,4}{12}$	52	$\frac{1,0}{12}$	6	-0,4	$\frac{1,4}{19}$	7				$\frac{1,8}{38}$	10	$\frac{1,6}{22}$	3	-0,2
Котельниковская оросительная система															
0-30	$\frac{1,9}{7}$	33	$\frac{1,7}{16}$	8	-0,2	$\frac{1,7}{7}$	18	$\frac{1,7}{6}$	3	0	$\frac{2,6}{13}$	14	$\frac{2,3}{22}$	3	-0,3
30-40	$\frac{1,4}{7}$	29	$\frac{1,0}{10}$	7	-0,4	$\frac{1,2}{6}$	14	$\frac{1,1}{6}$	3	-0,1	$\frac{2,0}{20}$	12	$\frac{1,8}{6}$	3	-0,2
Палласовская оросительная система															
0-30	$\frac{2,2}{13}$	15	$\frac{2,1}{25}$	23	-0,1	$\frac{2,0}{10}$	19	$\frac{1,8}{24}$	27	-0,2	$\frac{3,8}{32}$	14	$\frac{2,8}{43}$	29	-0,1
30-40	$\frac{1,9}{8}$	5	$\frac{1,5}{2}$	24	-0,4	$\frac{1,5}{12}$	9	$\frac{1,5}{12}$	25	0	$\frac{2,0}{11}$	8	$\frac{1,8}{39}$	21	-0,2
Тажинская оросительная система															
0-30			$\frac{2,0}{23}$	34				$\frac{1,8}{8}$	14		$\frac{3,3}{20}$	3	$\frac{2,9}{19}$	23	-0,4
30-40			$\frac{1,5}{30}$	33				$\frac{1,3}{12}$	13		$\frac{2,4}{8}$	2	$\frac{2,4}{25}$	22	0

М — среднее, V — коэффициент вариации. * — В 80-е годы образцы брались с глубины 30-50 см.

По сравнению с неорошаемыми почвами для нижележащего слоя трудно сравнивать данные, т. к. в 60-е годы образцы для анализов брались из слоя 30-40 см, а в 80-е годы из толщи 30-50

см. Привлечение материалов о содержании гумуса в неорошаемых почвах в целом по административным районам, где располагаются ОС (Приходько, 1994), позволили говорить о снижении его количества в слое 30-50 см за 20 лет на 10-15%.

При одинаковом севообороте увлажнение методом затопления по сравнению с дождеванием приводит к большей потере гумуса (табл. 16).

Таблица 16

Динамика содержания гумуса в каштановых
и бурых пустынно-степных почвах

Глубина, см	Каштановые почвы (Валуйский ОУ)		Бурые пустынно-степные почвы (Рыбацкий ОУ)				
	Срок орошения, лет		Богара		Срок орошения, лет		
	33	50	1962 г. ^a	1986 г. (л. с.)	10 ^a	22 ^b (с. с.)	22 ^c (л. с.)
0-20	3,4	2,8	1,1	0,6	1,0	1,1	0,6
20-40	2,8	2,5	1,1	0,5	0,9	1,0	0,4
40-60	2,1	1,7		0,5		0,5	0,3
60-100	1,0			0,3		0,3	0,2
п	23	42	5	7	20		10

Гран. состав: легкосуглинистый (л. с.) и среднесуглинистый (с. с.).

^a — Данные Астрахангипроводхоза.

Орошение: ^b — методом дождевания; ^c — напуском.

В целом, как показывают наши данные и материалы исследователей для других регионов потери гумуса при орошении в каштановой зоне абсолютные и относительные меньше, чем в черноземах. Это в основном можно объяснить большей эффективностью орошения в каштановой зоне: в структуре посевных площадей по сравнению с черноземами большей процент занимают травы и кукуруза, более отзывчивые на орошение по сравнению с зерновыми, и прибавки урожая от дополнительного увлажнения выше и, следовательно, больше прижизненных выделений растений и их остатков поступает в почву и компенсирует усиление процессов минерализации гумуса.

Фактически потери гумуса при ирригации больше, т. к. сравнение идет в основном с близлежащими неорошаемыми почвами, а не с тем содержанием гумуса, которое было в почвах до начала орошения. Неорошаемые почв при сельскохозяйственном использовании обедняются гумусом, так за 20 лет потери составляют для водоразделов 5-10% его запасов, для слабосмытых почв склонов — 8-20%.

Потеря 20% запасов гумуса в орошаемых черноземах (и других почвах) приближает содержание гумуса к критическому значению, при котором значительно ухудшаются агрономические свойства и увеличивается плотность сложения (Дьяконова, 1988; Ганжара, 1989). Разница между оптимальным и критическим содержанием гумуса как показывают данные Г. Я. Чесняка (1980), В. А. Барановской (1992) составляет для тяжелосуглинистых почв 18-25%, для среднесуглинистых 25-35%.

Почвы многих ОС, особенно на черноземах, приближаются к критическому уровню содержания гумуса (или уже достигли его), что является одной из причин уменьшения урожаев растений.

В условиях орошения на больших пространствах невозможно повысить содержание гумуса, для этого нужны большие капитальные затраты. Меры должны быть направлены на поддержание современного уровня запасов гумуса и недопущение их снижения до критической градации.

Динамика качественного состава гумуса при орошении.

В схеме фракционно-группового состава, предложенной И. В. Тюриным, выделяются следующие фракции гуминовых веществ: фракция 1 — это ГК и ФК, свободные и связанные с R_2O_3 — наиболее подвижные, являющиеся ближним резервом для питания растений и оструктурированием почв; фракция 2 — это связанные с кальцием гуминовые вещества, играют большую роль в связывании их с минеральным веществом; фракция 3 — это наиболее прочно связанные с минералами органические компоненты. Фульвокислоты более подвижны, чем ГК, и увеличение их формирования придает неустойчивое состояние гумусу из-за большей способности к миграции и разрушению. Гумин — негидролизующийся щелочью остаток, природа, которого почти не изучена.

Гидролизующийся щелочью остаток увеличивается от 30-40 до 60-70% при движении от черноземов к бурым пустынно-степным почвам Поволжья (табл. 17). Из орошаемых почв щелочь извлекает на 3-8% больше углерода, чем из неорошаемых почв. Благодаря оптимизации увлажнения и возрастанию урожаев увеличивается количество поступающих в почву растительных остатков и интенсифицируются процессы их гумификации и минерализации органического вещества. При орошении, возможно, происходит омоложение гумуса и уменьшение количества высокомолекулярных компонентов, в основном слагающих негидролизующийся остаток. Это и приводит к уменьшению углерода гумина.

Фракционно-групповой состав гумуса почв Поволжья,
% от С_{общ} (среднее по 3-5 разрезам)

Глубина, см	Тип использования	Автоморфные условия							Гидроморфные условия				
		Чо* (1/14)	Чо* (2/48)	Чю* (4/14)	КЗ* (5/35)	К2* (7/50)	К1** (8/10)	Сп** (8/10)	Чо* (3/45)	КЗ* (6/48)	Бу** (9/22)	Бу* (9/22)	
		Гуминовые кислоты, фракция 1											
0-30	Богара	2	1	1	4	3	5~	0~	5	2	2~	2	
	Разница	+2	+4	+1	0	+2	+1	+4	+1	+1	+2	+2	
30-50	Богара	1	0	1	2	1	1	0	4	2	0	0	
	Разница	+1	+1	0	-1	+3	+3	+2	-1	-1	+3	0	
50-75	Богара	1	0	1		0	-	-	4	0		0	
	Разница	0	0	0		+1	0	0	-1	-		0	
		Гуминовые кислоты, фракция 2											
0-30	Богара	43	53	44	50	23	13	23	40	30	7	6	
	Разница	+4	+1	+1	+3	+7	+8	-6	+5	+11	0	+3	
30-50	Богара	46	49	39	46	26	11	37	46	35	6	11	
	Разница	-3	+5	-3	+6	+4	+14	-14	+5	+4	+1	0	
50-75	Богара	41	42			24			41	28		12	
	Разница	-6	0			+6			+6			-1	
		Гуминовые кислоты, сумма											
0-30	Богара	47	59	49	55	27	20	25	47	38	10	12	
	Разница	+6	+5	+2	+4	+9	+9	-2	+6	+10	+2	-1	
30-50	Богара	50	54	46	50	28	13	39	52	43	7	13	
	Разница	-2	+6	-4	+4	+7	+17	-16	+4	+1	+5	+1	
50-75	Богара	46	50			25			48	33		16	
	Разница	-4	-1			+7			+6			-1	
		Фульвокислоты, фракция 1											
0-30	Богара	5	6	5	6	7	9	13	5	6	7	9	
	Разница	+1	+1	+1	0	0	+1	-2	+1	+2	+3	-1	
30-50	Богара	5	5	5	7	8	5	13	4	6	5	13	
	Разница	0	+2	+2	-3	0	+6	-2	-1	+1	+7	-5	
50-75	Богара	6	6	6		9			4	0		12	
	Разница	0	-1	+1		0			-1			+2	
		Фульвокислоты, фракция 2											
0-30	Богара	6	5	11	11	10	9	4	9	13	4	6	
	Разница	0	+2	-3	0	-2	-5	-2	-1	-7	0	0	
30-50	Богара	7	8	9	14	13	11	9	12	7	3	5	
	Разница	-1	-2	-1	+1	+2	-6	-6	-1	-2	+2	+6	
50-75		6	8			19			12	13		8	
	Разница	+1	-3			-3			0			-1	

* В числителе указан № оросительной системы, в знаменателе — срок орошения (лет). а — n = 1.

Таблица 17 (продолжение)

Глубина, см	Тип использования	Автоморфные условия							Гидроморфные условия				
		Чо* (1/14)	Чо* (2/48)	Чю* (4/14)	КЗ* (5/35)	К2* (7/50)	К1*а (8/10)	Св*а (8/10)	Чо* (3/45)	КЗ* (6/48)	Бу*^ (9/22)	Бу* (9/22)	
		Фульвокислоты, сумма											
0-30	Богара	12	13	19	18	18	19	19	15	21	13	19	
	Разница	+1	+3	-2	0	-2	-3	-4	0	-6	+6	-2	
30-50	Богара	13	14	18	23	23	17	24	18	16	11	22	
	Разница	-1	0	+1	-2	+2	0	-9	-2	-1	+10	0	
50-75	Богара	14	16			29			18	15		24	
	Разница	0	-4			-3			-1			+1	
		Негидролизуемый остаток											
0-30	Богара	41	28	32	26	55	60	56	38	41	77	69	
	Разница	-7	-8	0	-3	-7	-5	+6	-6	-5	-8	+3	
30-50	Богара	37	32	36	27	49	70	37	30	40	82	65	
	Разница	+3	-6	+3	-2	-9	19	+25	-2	-2	-16	-1	
50-75	Богара	40	34			46			33	51		60	
	Разница	+4	+5			-4			-3			0	
		Отношение Сгк к Сфк											
0-30	Богара	3,9	4,7	2,5	3,0	1,5	1,0	1,4	3,1	1,9	0,8	0,6	
	Разница	+0,1	-0,6	+0,5	+0,2	+0,8	+0,9	+0,2	+0,3	+1,6	-0,2	+0,1	
30-50	Богара	3,9	3,7	2,6	2,2	1,3	0,8	1,6	3,0	2,7	0,6	0,6	
	Разница	+0,1	+0,6	-0,3	+0,4	+0,1	+1,2	-0,1	+0,6	+0,6	0	0	
50-75	Богара	3,4	3,2			0,0			2,7	2,2		0,7	
	Разница	-0,4	+0,8			+0,4			+0,3			-0,1	
		Углерод, % от веса почвы											
0-30	Богара	3,09	2,53	2,18	1,59	1,66	1,14	1,03	3,38	1,38	1,18	0,26	
	Разница	+0,18	-0,11	-0,01	+0,01	0	-0,06	0	-0,12	+0,44	-0,45	+0,24	
30-50	Богара	2,70	2,01	1,36	1,06	1,20	0,84	0,54	2,09	0,92	0,73	0,23	
	Разница	-0,02	+0,07	+0,07	-0,01	+0,05	+0,02	+0,11	+0,33	+0,19	-0,17	+0,13	
50-75	Богара	1,69	1,63			0,76			1,21	0,39		0,25	
	Разница	+0,05	+0,02			+0,13			+0,28			+0,03	

* В числителе указан № оросительной системы, в знаменателе — срок орошения (лет). ^а — n = 1.

В составе органического вещества черноземов, КЗ и К2 преобладают гуминовые кислоты, а у К1 и Бу, напротив, на первом месте находятся фульвокислоты. ГК2, предположительно связанные с кальцием, преобладают во всех исследуемых почвах и составляют у К1 и Бу от 50 — 80%, у остальных почв — 80-92% от суммы ГК. Содержание ГК1 и ГК3 приблизительно равно, распределение их по профилю различно, отмечается уменьшение количества ГК1 при движении вглубь почв, при почти неизмен-

ном содержании ГК3. В составе ФК содержание первой и второй фракций приблизительно одинаково, количество фракции 3 мало.

В исследуемых орошаемых почвах Поволжья увеличивается содержание ГК за счет второй фракции, содержание ФК уменьшается в результате снижения количества ФК2, в то время как количество ФК1 увеличивается (рис. 10, 11). Следовательно, под влиянием орошения увеличивается отношение $С_{гк}/С_{фк}$. Таким образом, кальций поливной воды и большой резерв кальция в почвах способствует улучшению состава гумуса. Исключение составляет солонец, при орошении у него отмечается потеря ГК и ФК. Это связано с его сильной солонцеватостью (25% обменного натрия в слое 20-30 см). Увеличение увлажнения способствует насыщению натрием почвенного раствора, уменьшению формирования ГК2 и ФК 2 и вымыванию подвижных натриевых солей ГК и ФК из верхних горизонтов.

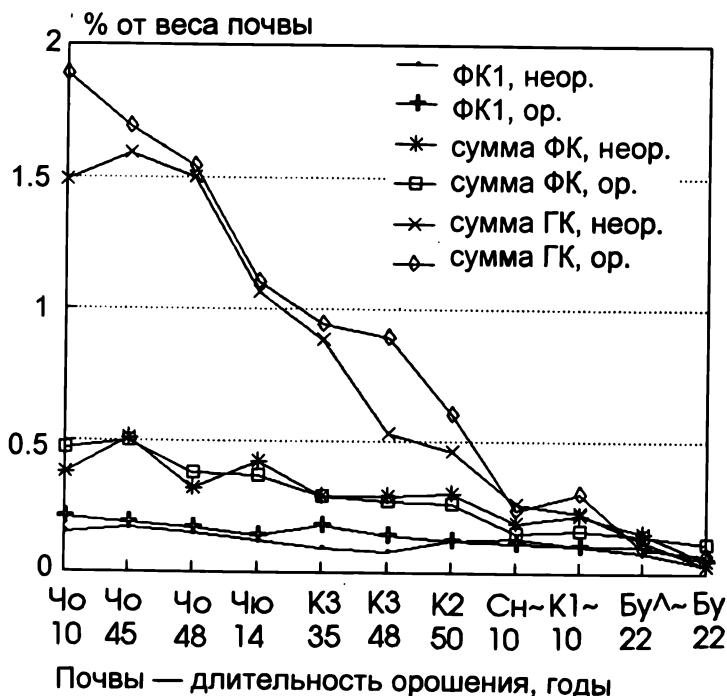


Рис. 10. Содержание гуминовых веществ в гор. Алах почв Поволжья, % от веса почвы, $n = 2-5$

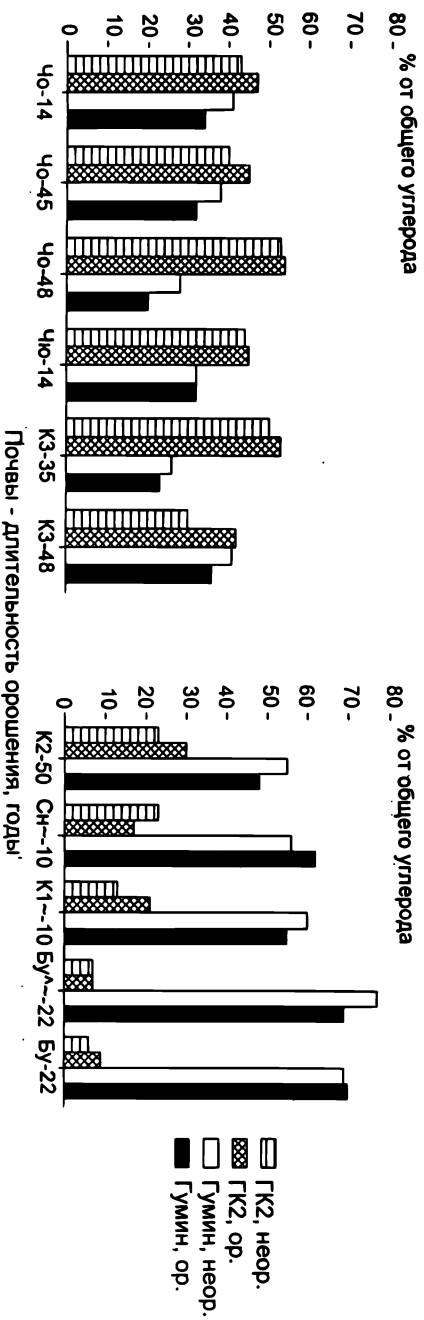
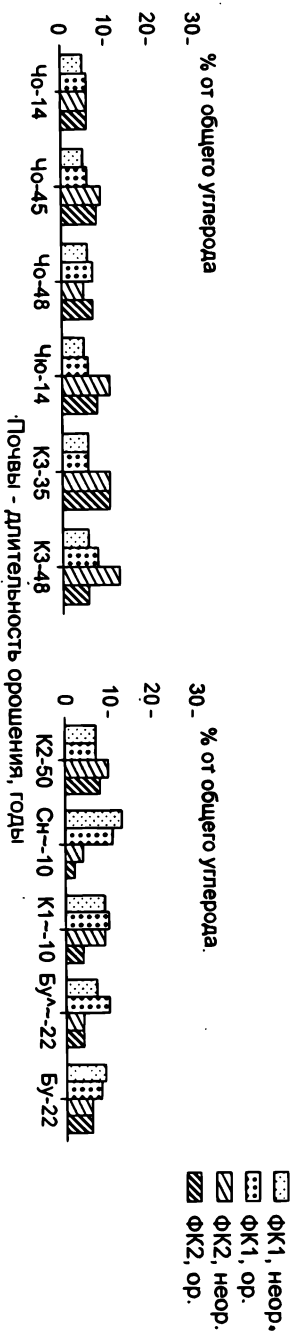


Рис. 11. Фракционно-групповой состав гумуса гор. Алах почв Поволжья, % от $C_{\text{общ}}$

Для КЗ Ершовского ОУ собраны данные разных авторов о динамике фракционного состава гумуса за 50 лет (табл. 18). Они показывают постепенное увеличение абсолютного и относительного содержания гуминовых кислот, снижение количества фульвокислот.

Таблица 18

Динамика состава гумуса темно-каштановых почв Ершовского ОУ

Год	Срок орош., лет	Глубина, см	n	Содержание, %		Содержание, % от С _{общ}			Сгк/Сфк
				Углерод	Гумус	Гуминовые к-ты	Фульвокислоты	Углерод остатка	
1960 ^a	0	0-10	2	1,44	2,28	29	16	48	1,9
1981	0	0-30	3	1,38	2,38	38	21	41	1,8
1938 ^b	4	0-15	1	2,07	3,60	43	29	25	1,5
1940 ^b	5	0-15	1	1,32	3,13	34	20	26	1,7
1940 ^c	5	0-15	2	1,94	3,34	38	24	37	1,6
		15-25	2	1,66	2,86	32	25	43	1,3
1962	20	0-30	2	1,66	2,86	45	17	37	2,6
1960	25	0-10	2	1,55	2,66	32	15	47	2,2
1981	46	0-30	3	1,82	3,14	49	15	37	3,3

Данные: ^a — Р. Н. Тюриной-Зейналашвили (1964); ^b — М. Ф. Бережнова, М. М. Данилевича (1969); ^c — М. М. Кононовой (1951).

У некоторых исследуемых почв при орошении сменился водный режим, и они функционируют в гидроморфных условиях (минерализация ГВ не превышает 2-5 г/л). Сопоставление поливных почв, оставшихся автоморфными, со вторично-гидроморфными почвами показало, что у них величины прибавки содержания ГК2 и ФК1 в процессе орошения близки и иногда выше у гидроморфных почв, особенно в слое 30-50 см (табл. 19). Улучшение качественного состава гумуса также подтвердилось при исследовании гидроморфных почв вблизи оросительных каналов на Энгельсском ОУ и Таловской ОС. Показано, что при небольшом периоде функционирования орошаемых почв в гидроморфных условиях отмечается тенденция улучшения химической природы гумуса. С увеличением длительности пребывания почв в гидроморфной обстановке увеличивается содержание ГК и уменьшается количество ФК.

Таким образом, при наличии пресных ГВ на глубине около 2 м создаются оптимальные условия субиригации: весенняя стадия переувлажнения непродолжительная, летом период иссушения короче, чем у орошаемых автоморфных почв. Это увеличивает урожаи выращиваемых растений, мощность корнеобитае-

мого слоя, поступление растительных остатков и способствует возрастанию гумификации.

Таблица 19

Динамика фракционно-группового состава гумуса почв гор. Алах в автоморфных и гидроморфных условиях

Расстояние от канала, м	Срок орош., лет	п	Содержание, % от С _{общ}									СГК/СФК	
			Сорг	Гумус	Гуминовые к-ты			Фульвокислоты			Гумин		
					Фр. 1	Фр. 2	Сум-ма	Фр. 1	Фр. 2	Сум-ма			
Темно-каштановые почвы, Энгельсский ОУ													
-	0	4	1,59	2,7	4	50	55	6	11	18	26	3,0	
60 ^a	15	1	2,65	4,6	5	46	52	7	11	19	29	2,7	
75 ^b	15	1	2,73	4,7	7	47	56	6	12	20	24	2,7	
30 ^c	35	1	1,38	2,4	3	63	67	6	9	16	17	4,2	
300	35	4	1,60	2,8	4	53	59	6	11	18	23	3,2	
Южный чернозем, Таловская ОС													
-	0	5	2,18	3,8	1	44	49	5	11	19	32	2,5	
80 ^a	14	1	2,23	4,1	2	46	52	5	7	15	33	3,6	
100 ^b	14	1	2,14	3,7	1	46	50	7	9	18	32	2,7	
300	14	4	2,17	3,7	2	45	51	6	8	17	32	3,0	
100 ^b	18	1	1,82	3,1	1	43	46	5	6	12	42	3,8	
300	18	3	1,79	3,5	1	41	45	6	5	13	42	3,5	
Чл ^c	0	1	1,83	3,2	2	57	61	7	8	17	22	3,6	
Каштановая почва, Валуйская ОС													
-	0	2	1,66	2,9	3	23	27	7	10	18	55	1,5	
300	50	2	1,66	2,9	5	30	36	7	8	16	48	2,3	
300 ^c	50	1	1,36	2,3	2	26	29	11	10	22	49	1,3	

Уровень грунтовых вод: ^a — 1,8 м; ^b — 2,0-2,2 м; ^c — 1,5 м.

Изменения состава гумуса при длительном орошении происходят, в основном, в пахотном и подпахотном горизонтах.

Абсолютные количественные параметры увеличения содержания ГК при орошении у исследуемых почв близки. Но учитывая, что в черноземах содержание гумуса и ГК больше, чем в других почвах, относительное накопления количества ГК у черноземов меньше, чем в почвах более засушливых зон. Таким образом, чем меньше гуматность почв, тем больше доля приращения количества ГК под влиянием дополнительного увлажнения. Т. е. чем ариднее почва, тем больше изменяется ее природный режим влажности и удлиняется ее вегетационный период и тем больше она реагирует на эти трансформации, увеличивая свою гуматность.

Увеличение степени гумификации, определяемой по формуле: (Сгк/Собщ)·100, и содержания ГК при орошении почв Поволжья

отмечали и другие исследователи (Барановская, Азовцев, 1973; Орлов и др. 1987). Такое же направление изменения качества гумуса отмечалось для степных почв других регионов при поливах водой хорошего качества. Это соответствует теории гумификации (Орлов, 1988) о накоплении ГК как наиболее устойчивых компонентов среди органического вещества почв и вытекает из уравнения гумификации (Орлов, 1977). Согласно этому уравнению увеличение в исследуемых орошаемых почвах количества растительного материала, участвующего в процессе гумификации, удлинение периода биологической активности и интенсификация процесса трансформации растительных остатков (подтвержденная для почв Поволжья исследованиями Барановской и др., 1983) способствуют формированию гуминовых кислот.

Выделяемые фракции фульвокислот, состоящие из различных неспецифических компонентов (моносахара, гемицеллюлозы, продукты гидролиза белков и их производных и т.п.) и собственно ФК, являются легкоминерализуемыми компонентами группового состава гумуса (Орлов и др., 1990). В исследуемых почвах при орошении происходит потеря ФК₂, тогда как содержание наиболее лабильной фракции ФК₁ увеличивается. Ее возрастание, вероятно, можно объяснить новообразованием. Направление гумификации растительных остатков в почвах способствует в первую очередь новообразованию ФК₁ (Рейнтам, 1981; Снеговой, 1981). В дальнейшем, по мнению этих исследователей, часть из них вымывается, а часть преобразуется в ФК₂ или ГК.

Таким образом, при орошении почв Поволжья отмечается увеличение содержания лабильной фракции (первой), состоящей в основном из ФК и легко используемых микроорганизмами неспецифических соединений, возрастание величины отношения Сгк/Сфк , степени гумификации ($\text{Сгк/Собщ} \cdot 100$), уменьшение углерода негидролизующего щелочью остатка (гумина). Это свидетельствует о возрастании гуматности и улучшении качественного состава гумуса орошаемых почв. При снижении содержания и запасов гумуса на больших площадях орошаемых почв пропорционально уменьшается количество всех фракций гуминовых веществ и увеличения гуматности не наблюдается.

Характеристика гумуса мезоструктурных отдельностей почв

Различные мезоструктурные отдельности, находящиеся в зонах активной миграции почвенных растворов и суспензий, могут в большей степени, чем общая масса почв, отражать изменившиеся при орошении почвенные условия.

Серые затеки, выделенные из темно-каштановых почв с глубины 30-100 см, близки между собой по содержанию гумуса (2,1-2,6% — богара, 2,9-3,3% — орошаемые почвы). Состав их гумуса отличается от состава ОВ в гор. Апах: уменьшаются содержание ГК1, свободных и связанных с подвижными R_2O_3 , и количество ГК2, связанных с кальцием, а также величина отношения $S_{гк}/S_{фк}$. При этом увеличивается количество углерода гумина.

Серые затеки в Чо прослежены до глубины 1,5 м. Направление изменения гумусного состояния в материале серых затеков чернозема аналогично КЗ, но проявляется в меньшей степени. Выявленные признаки могут свидетельствовать о снижении подвижности органического вещества после засыпки материала гумусового горизонта в трещины в результате использования растениями и микроорганизмами наиболее лабильных гуминовых компонентов.

Однако содержание гумуса в серых затеках мало уменьшается по сравнению с содержанием его в гор. Апах, что указывает на протекание процессов гумусонакопления в серых затеках в настоящее время. В материале серых затеков по всей глубине профиля отмечается гораздо большее количество корней, чем в МТМ. Они являются более благоприятным материалом для проникновения и развития корней, чем МТМ, т. к. имеют меньшую плотность, большее содержание питательных веществ.

Сравнение состава гумуса серых затеков орошаемых и неорошаемых почв выявило их обогащение при орошении ГК и обеднение ФК. Следовательно, процесс гумификации, сопровождающийся увеличением ГК и уменьшением ФК при орошении темно-каштановых почв, активно протекает в гумусовом горизонте и постепенно распространяется вниз по профилю, захватывая, в первую очередь, материал затеков отдельностей, которые являются активными зонами миграции веществ и проникновения корней. В орошаемой почве количество гуминовых кислот в гор. Апах и серых затеках близко, а содержание ФК больше в серых затеках. Это может свидетельствовать о частичной миграции ФК из гор. Апах в нижележащие горизонты с аккумуляцией их в серых затеках.

О большой подвижности гумуса при орошении может свидетельствовать увеличение содержания гумуса в натеках-кутанах на гранях структурных отдельностей длительно орошаемых КЗ на глубине 0,5-2 м сравнительно с богарными почвами. Состав гумуса кутан становится более фульватным, отношение $S_{гк}/S_{фк}$ составляет 0,7-1,0, а в кутанах богарных почв — 1,1-1,4. В целом, как в орошаемых, так и неорошаемых почвах содержание ФК2 в

натеках (24-33%), более чем в два раза превышает содержание ФК2 в общей массе вмещающих их горизонтов (10-13%). Она, как наиболее устойчивая, накапливается, а группа свободных гуминовых веществ в натеках с граней структурных отдельностей из-за быстрого использования растениями и микроорганизмами отсутствует. Кутаны орошаемых почв по сравнению с неорошаемыми аналогами содержат меньше ГК2 и больше углерода негидролизуемого остатка.

Микроморфологическая характеристика гумуса черноземов*

Выявлено присутствие в черноземах двух микроформ гумуса (тонкодисперсной гумусно-минеральной плазмы): светло-бурого диспергированного аморфного гумуса, а также темно-бурого и бурого изотропного коагулированного гумуса в виде сгустков округлых аморфных частичек, состоящих из более мелких сгустков, что позволяет аналогично общепринятой оценке микроагрегированности почвенного материала выделять в гумусовых сгустках частицы 1-3 порядков. В пахотном горизонте неорошаемых черноземов доминирует темно-бурый изотропный коагулированный гумус в форме аморфных сгустков, в основном, 2-3 порядков; в нижележащих горизонтах уменьшается содержание гумуса, преобладают более светлые его формы. Распределение гумусовых веществ равномерное.

При орошении происходит осветление органо-минеральной плазмы до бурых и светло-бурых тонов как за счет уменьшения содержания гумуса, так и увеличения количества бурых форм гумуса. Происходит диспергирование темноокрашенных форм (что проявляется в расчленение сгустков на микросгустки 1-3 порядков), появляется неравномерность в их распределении: участки с диспергированной светлобурой органо-минеральной плазмой обособляются от участков с коагулированным темно-бурым гумусом. Отмечается тенденция аккумуляции темно-бурого гумуса по краям почвенных агрегатов, а также в некоторых порах на глубине 40-55 см. В наибольшей степени локализация органо-минеральной плазмы выражена в орошаемом Чо на овощном севообороте в совхозе им. Ленина и в южных черноземах Таловской ОС в гидроморфных условиях. Здесь формируется микрозональность: происходит осветление в одних участках и аккумуляция темного гумуса в других. Кроме того, при орошении черноземов уменьшается степень коагуляции темно-бурого гумуса и увеличивается его подвижность. В орошаемых чернозе-

* Исследования выполнены совместно с Л. С. Песочиной

мах отмечается увеличение количества углефицированных частиц в два и более раз по сравнению с богарой.

Накопление углистых частиц как признак современного или палеогидроморфизма отмечали многие исследователи (Самойлова, 1978; Ромашкевич, Герасимова, 1982; Ярилова и др., 1983). Увеличение увлажнения почв при орошении также может приводить к накоплению углистых частиц (Пищейко и др., 1976; Целищева, Козловский, 1983). Механизм образования углистых частиц не вполне ясен. А. И. Ромашкевич и М. И. Герасимова (1982) считают, что они представляют собой карбонизированную массу (с уменьшением углерода и возрастанием зольности) и являются продуктами неполной гумификации растительных остатков. Накопление углистых частиц — негативное явление, поскольку они не принимают участия в образовании структуры почвы, питании растений (Пищейко и др., 1976).

Изменения микростроения ОВ исследованных черноземов при орошении близки к фаціальным различиям в микроформах гумуса, связанным со сменой биоклиматической обстановки. Черноземы одного подтипа и рода, но разных фаций имеют свои особенности микростроения ОВ. Так, в черноземах западных регионов с большей степенью увлажнения и ослаблением промерзания зимой образуется более светлоокрашенный, диспергированный, подвижный гумус (Ярилова, 1974).

Микроморфологический анализ дает более дифференцированную картину состояния ОВ в почве. Так, при орошении микроморфологически выявляется тенденция увеличения количества углеподобных частиц и уменьшения общего содержания гумуса, данные же химического анализа в этом случае могут не обнаружить уменьшения содержания углерода и даже свидетельствуют о его увеличении, т.к. в общее количество углерода войдет и гумусовая плазма, и углистые частицы. Не исключена возможность в некоторых случаях создания микроморфологического эффекта "уменьшения" содержания гумуса в результате перераспределения ОВ в почве при орошении: осветление общей массы органо-минеральной плазмы за счет концентрирования темноокрашенного гумуса по краям структурных микроагрегатов, стенкам пор и в отдельных микрозонах.

Мы отметили лишь некоторые из возможных причин несоответствия данных химического и микроморфологического анализов. Необходимы дальнейшие исследования в этом направлении.

Заключение

В Поволжье при поливах, в основном (95%), волжской водой хорошего качества с высоким кальциевым потенциалом изменение гумусного состояния определяется культурой земледелия, режимами и способом поливов, свойствами почв. На опытных станциях при рациональном хозяйствовании и своевременных нормированных поливах содержание и запасы гумуса в течение 35-50 лет орошения или остаются стабильными или немного увеличиваются. На большинстве орошаемых площадей отмечается потеря гумуса, более интенсивная в черноземах по сравнению с почвами каштановой зоны. Это определяется структурой севооборотов (в каштановой зоне больше доля многолетних трав) и большей эффективностью орошения в более аридных почвах — здесь выше прибавка урожаев от орошения и, следовательно, больше возврат в почву растительных остатков. Кроме того, черноземы вовлекались в орошение уже выпаханнкими из-за более длительного срока земледельческого использования по сравнению с каштановыми почвами (в основном, без проведения мероприятий по поддержанию их плодородия). При нерациональном поливном земледелии черноземы быстро достигают критического уровня содержания гумуса, тогда как в каштановой зоне большие площади целинных земель вводились в ирригацию, и, следовательно, имеется большой резерв гумуса до достижения критической градации количества ОВ.

Потери 20-25% гумуса от его современного состояния могут привести к критической стадии, при которой резко снижается плодородие почв. При дальнейшей потере гумуса наступает полная их деградация. Почвы многих оросительных массивов, особенно на черноземах, приближаются к критическому уровню содержания гумуса (или уже достигли его), что является одной из причин уменьшения урожаев растений.

Под влиянием орошения увеличивается содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, и фульвокислот первой фракции, при уменьшении общего количества фульвокислот. Этому в немалой степени способствует высокое качество волжской воды, используемой для поливов, насыщение севооборотов люцерной. Дополнительное орошение увеличивает гуматность почв. Накопление под влиянием орошения гуминовых кислот, как наиболее устойчивых компонентов гумуса, объясняется общей теорией гумификации Д. С. Орлова. Т. е. чем больше сдвигается природный режим влажности и удлиняется вегетационный период и чем аридней почва, тем меньше в ней гумуса и

гуминовых кислот, и тем в большей степени накапливаются гуминовые кислоты под влиянием орошения. Приращение лабильных компонентов таких, как первая фракция, состоящая в основном из свободных фульвокислот и неспецифических легко-растворимых соединений, связано с новообразованием ФК и увеличением количества прижизненных корневых выделений и возросшим поступлением в почву растительных остатков. При уменьшении содержания гумуса под влиянием орошения увеличения гуматности не происходит.

В гидроморфных условиях при уровне грунтовых вод 1,8-2,2 м и минерализации, не превышающей 2-5 г/л, изменение качественного состава гумуса орошаемых почв близко к направлению его трансформации в автоморфных условиях. При подъеме выше критического уровня ГВ с минерализацией больше 5 г/л в орошаемых почвах отмечается вторичное засоление и ухудшение состава гумуса. Увлажнение методом затопления по сравнению с дождеванием приводит к большей потере гумуса

При орошении увеличивается миграция, емкость и скорость круговорота углерода, усиливаются процессы гумусообразования, минерализации растительных остатков. О возрастании его подвижности свидетельствует увеличение глубины и частоты гумусовых затеков, обогащение растворимым гумусом почвенных растворов, водных вытяжек, серых затеков и накопление фульвокислот в кутанах, препарированных с граней структурных отдельностей нижних горизонтов почв.

Сложную картину изменения гумуса дает микроморфологический анализ. Отмечается диспергирование и упрощение микро-строения органо-минеральной плазмы, происходит внутригоризонтная дифференциация различных микроформ гумуса: общее осветление органической плазмы и концентрирование более темного гумуса по краям микроагрегатов и в порах на глубине 40-50 см, усиливается образование углистых частиц. Интенсивнее эти процессы протекают в гидроморфных условиях и при поливах большими нормами (под овощи).

Введение в орошаемые круговороты клима многолетних трав (до 30% площади в полевых и до 70% — в кормовых севооборотах), внесение органических и минеральных удобрений, запахивание сидеритов, соблюдение оптимального режима орошения водой высокого качества, разработка гумусосберегающих технологий обработки почвы — реальный путь сохранения гумусного состояния почв и воспроизводства почвенного плодородия в ближайшие десятилетия.

Элементарные почвообразовательные процессы (ЭПП) метаморфизма ОВ

Обсудим ЭПП метаморфизма ОВ в орошаемых почвах, основываясь на их систематизации, которая дана А. Е. Черкинским (1992). Сущность этих процессов раскрыта М. М. Кононовой, Д. С. Орловым, В. В. Пономаревой, Плотниковой, М. И. Дергачевой, Л. А. Гришиной. В орошаемых почвах интенсифицируются все ЭПП преобразования органического вещества.

Поступление органических остатков на поверхность орошаемой почвы и в различные ее горизонты увеличивается в результате привноса их с и органическими удобрениями, за счет большего количества по сравнению с богарой постмортальных растительных и животных остатков, а также увеличения прижизненных корневых выделений растений и продуктов метаболизма животных и микроорганизмов. Наземные, корневые остатки и прижизненные выделения высших растений значительно преобладают над биомассой низших растений, фауны и микроорганизмов, а также продуктами их метаболизма; возможен привнос ОВ с поливной водой, но в реках степной зоны в основном отсутствуют взвеси и зачастую вода подается из водохранилищ, поэтому поступление ОВ в почву с поливной водой очень невелико.

Трансформация органических остатков. Орошение интенсифицирует механическое дробление опада, как биогенным путем (переработка фауной и гетеротрофной растительностью: дождевыми червями, грызунами, грибами и актиномицетами), так и в результате абиогенного истирания при более частых периодах увлажнения и иссушения.

Первичная переработка опада осуществляется также за счет фотохимического процесса: под влиянием солнечного света происходит превращение и окисление химических соединений растительных и животных остатков. С большей скоростью протекают процессы глубокого химического и биохимического разложения растительных остатков до неспецифических соединений.

При возросшем поступлении растительных остатков усиливается процесс их *минерализации* в результате увеличения числа микроорганизмов, фауны и их активности. Наши микроморфологические исследования показали, что в орошаемых почвах почти нет слаборазложившихся биогенных остатков, они быстро минерализуются (Песочина, Приходько, 1992). Происходит также минерализация гуминовых веществ. С большей интенсивностью минерализации подвергаются ФК, судя по убыли ФК2 под влия-

нием ирригации, их деструкция идет с большей интенсивностью, чем образование, в отличие от ФК1. У ГК отмечается разрушение периферических цепей.

Гумификация. Трансформация растительных остатков и процесс гумификации осуществляются одновременно. В почвах степной зоны с высокой биологической активностью вначале происходит распад растительных остатков до мономерных соединений, а затем их конденсация и формирование гуминовых кислот. Низкомолекулярные фракции ГК, имеют наибольший возраст, определяемый радиоуглеродным методом, далее следуют высокомолекулярные их структурные фрагменты, самими молодыми являются ФК, особенно гидролизуемая часть их структуры (Черкинский, 1992).

Чем благоприятнее создаются условия функционирования орошаемых почв, тем больше почвы обогащаются устойчивыми высокомолекулярными фракциями, с преобладанием бензоидных структур (Орлов и др., 1990). Алифатические цепи, как более лабильные, подвергаются разрушению.

Микроморфологические исследования показывают, что под влиянием орошения гумус степных почв осветляется: вместо темно-серого цвета становится бурый. Известно, что бурые ГК, в основном, образуются в более влажных условиях под широколиственными лесами. Возможно, что дополнительное увлажнение степных почв способствует формированию ГК, близких бурым.

Миграция продуктов гумификации. Комплексование. Миграция гумуса может осуществляться в результате поверхностного и внутрипочвенного (бокового и вертикального) перемещения. Нередко на орошаемых почвах возникает поверхностный сток, приводящий к развитию ирригационной эрозии и потерям большого объема почвенного материала, в частности к потере гумуса и гумусоминеральных компонентов. Вертикальная их миграция может происходить в виде истинных растворов, коллоидных растворов и суспензий.

Внутрипочвенная миграция осуществляется преимущественно по трещинам, порам, межблоковым поверхностям, ходам червей и т.п. Частично мигрирующее ОВ закрепляется на поверхности ходов миграции. Анализ этих поверхностей показал, что они обогащены фульвокислотами по сравнению с вмещающей массой почвенного горизонта.

Иммобилизация гумусово-минеральных веществ. Иссущение, замерзание, насыщение почвенных растворов Са, Fe, Al приводят к коагуляции гумуса. В аэробных условиях, создающихся при поливах напуском или при затоплении рисовых полей, легкорас-

творимые комплексы гумусово-минеральных соединений с двухвалентным железом в окислительной обстановке иммобилизуются, когда двухвалентное железо переходит в трехвалентное.

Улучшение качественного состава гумуса в орошаемых почвах увеличивает водопрочность структурных агрегатов почв, улучшает пищевой режим, способствует сезонным процессам разуплотнения и закрепления минеральной плазмы, связывая ее кальциевыми мостами в органоминеральный комплекс. Тогда как уменьшение содержания гумуса под влиянием ирригации и снижение количества гуминовых кислот, связанных с кальцием, влияют на ухудшение многих свойств почв: структурного состояния, питательной ценности гумуса, возрастает уплотнение, т.к. разрушается тот "ажурный каркас" (по К. Д. Хану), который создает органоминеральный комплекс, уменьшается емкость катионного обмена, усиливаются процессы миграции, что приводит к неустойчивому состоянию почв и затем к их деградации.

4.7. МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ ПОВОЛЖЬЯ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ ПРИ ОРОШЕНИИ

Педогенная устойчивая структура трансформирует, контролирует и регулирует проходящие через почву потоки и циклы вещества и энергии.

В. О. Таргульян, Т. А. Соколова,
1996. С. 46.

Минералогический состав почв не учитывается при мелиоративной оценке почв. Имеющихся в настоящее время материалов об изменении минерального субстрата в результате орошения недостаточно даже для характеристики на качественном уровне. Значимость его не вызывает сомнения. Взаимодействие органического вещества с минеральной субстанцией — это тот процесс, который протекает преимущественно в почве и отличает ее от других компонентов экосистем и определяет многие ее свойства и функционирование.

Анализ литературных сведений

Имеющиеся данные по этому вопросу довольно противоречивы и относятся преимущественно к черноземам и в меньшей степени — к каштановым почвам.

Ряд исследователей наблюдали повышение степени дисперсности почвенного материала при орошении (Данилова, 1978),

возрастание удельной поверхности (Барановская, Азовцев, 1973; 1974) и утяжеление гранулометрического состава за счет увеличения илистой и коллоидной фракций (Скрябина, Подымов, 1979; Стругалева и др., 1980), дробление неустойчивых к выветриванию минералов, находящихся в составе крупных фракций (Фиапшев, Шацева, 1977). По данным других авторов, орошение, особенно водами, содержащими соду, вызывает уменьшение количества илистой фракции в пахотном горизонте (Николаева, Майнашева, 1980; Позняк, 1992), переход монтмориллонита в супердисперсное состояние, уменьшение в составе ила количества монтмориллонитовых минералов, хлоритов вследствие их разрушения и нисходящей миграции (Чижикова, Градусов, 1972; Крыщенко и др., 1983; Чижикова и др., 1992), или процесса иллитизации (Гоголев и др., 1977). В орошаемых почвах отмечается повышенное содержание аморфной кремнекислоты, что также может быть связано с процессом разрушения глинистых силикатов (Барановская, Азовцев, 1974; Данилова, 1978).

Минералогический состав крупных фракций почв Поволжья и его изменение при орошении

Содержание минералов во фракциях крупнее 5 мкм определялось иммерсионным методом под микроскопом. В составе этих фракций преобладает кварц (40-65%), полевые шпаты составляют 4-12%, содержание слюд не превышает 2%, роговой обманки — 1%, содержание тяжелых минералов колеблется от 2 до 5%.

В орошаемых почвах не выявлено каких-либо особенностей у кварцевых зерен. При орошении изменения претерпевают полевые шпаты и слюды. Полевые шпаты по степени выветривания разделяются на невыветренные, слабо и сильно пелитизированные. В составе полевых шпатов преобладают слабо пелитизированные частицы, содержание сильно пелитизированных минералов невелико.

Верхние горизонты степных почв теряют полевые шпаты в результате разрушения и частичной трансформации в глинистые минералы. При орошении этот процесс продолжается. Потеря полевых шпатов в орошаемых почвах происходит за счет уменьшения количества невыветренных и слабо пелитизированных разностей. Верхняя почвенная толща обеднена слюдами по сравнению с породой. При орошении происходит дальнейшая потеря слюд из этой толщи.

Методы исследования илистой фракции

Выход ила оценивали по результатам отмучивания по методике Р. Х. Айдиняна (1960) и по данным определения гранулометрического состава пирофосфатным методом (Агрофиз. методы исслед. ..., 1966). Для отмучивания с последующим определением глинистых минералов брали образцы с естественной влажностью из 1-2 разрезов, из пахотного горизонта из 3-5 разрезов. При определении гранулометрического состава пирофосфатным методом получены статистически достоверные данные (Дмитриев, 1972) по анализу 5-15 разрезов почв. Минералогический состав илистой фракции определяли рентгендифрактометрическим методом (Физико-хим. методы ..., 1980). Количественное содержание основных групп глинистых минералов оценивали по методике Э. А. Корнблюма и др. (1972а) с введением поправки на LP-фактор. Минералогический анализ выполнен под руководством д.б.н. Т. А. Соколовой.

Результаты и обсуждение.

Содержание илистой фракции в почвах

Во всех неорошаемых и орошаемых почвах по данным гранулометрического анализа, выполненного *пирофосфатным методом*, наблюдается некоторое обеднение верхних горизонтов илистой фракцией при отсутствии ярко выраженного иллювиального по илу горизонта (табл. 20), следовательно, обеднение илистой фракцией верхних горизонтов исследуемых почв происходит за счет разрушения частиц глинистых минералов в условиях нейтральной или слабощелочной реакции. Возможность такого процесса была доказана экспериментально (Лабенец и др., 1972; Kamil, Shfinberd, 1968). Исключение составляют светло-каштановые почвы и солонцы Палласовской ОС, в которых присутствуют горизонты, содержащие большее количество илистой фракции, чем почвообразующая порода. Эти иллювиальные горизонты образуются в результате лессиважа глинистых минералов при развитии солонцового процесса. Но прибавка ила в горизонтах *B* меньше, чем его убыль из верхней толщи. Следовательно, в почвах солонцового комплекса обеднение верхних горизонтов илом происходит как за счет лессиважа, так и растворения глинистых минералов.

Выход илистой фракции при определении ее содержания пирофосфатным методом во многих исследуемых почвах меньше, чем при определении ила методом отмучивания. Особенно велика эта разница в верхних горизонтах, где она составляет 4-11%

от веса почвы, т. е. до 10-30% от количества илистой фракции. Можно предполагать, что в этих горизонтах исследованных почв присутствуют индивидуальные частицы или очень прочные агрегаты частиц слоистых силикатов, которые не разрушаются при обработке пирофосфатом, но дробятся до размера илистых частиц при механическом растирании образца перед отмучиванием ила (гор. Апах в отличие от горизонтов, содержащих CaCO_3 , не подвергался декарбонатизации соляной кислотой).

Таблица 20

Содержание илистой фракции в почвах Поволжья, %

Глубина, см		Тип использования	Автоморфные условия					Гидроморфные условия			
			Чо* (1/10)	Чо* (3/45)	Чю* (4/14)	КЗ* (5/35)	К1* (8/10)	Сп* (8/10)	КЗ* (5/48)	Бу*^ (9/22)	Бу* (9/22)
			Пирофосфатный метод, n = 5-12								
0-30	Богара	33	20	26	18	21~	22~	20	11~	10	
	Разница	+1	+2	0	+1	-1	-1	+8	+1	+5	
30-50	Богара	33	21	28	22	36	38	29	24	12	
	Разница	+1	+1	-2	0	-3	-6	+3	-8	+3	
50-75	Богара	35	24	34	22	36	34	32	24	16	
	Разница	0	0	-3	+1	-2	+1	+3	0	+2	
75-100	Богара	35	26	36	21	32	33	33	21	16	
	Разница	0	-2	-2	-1	0	0	+3	-1	+2	
100-150	Богара	37	26	36	21	32	31	34	20	15	
	Разница	0	-2	-2	-1	0	-2	+1	-1	-1	
150-200	Богара	39	25	37	21	32	31	35	17	5	
	Разница	-1	-2	-2	0	0	0	+1	-1	+5	
			Метод отмучивания, n = 1-3								
0-30	Богара	41	25	29	19	19~	19~	32	10~	10	
	Разница	+1	-1	+2	-1	+4	+3	+9	+2	+4	
30-50	Богара	30	25	28	21	31	31	33	18	13	
	Разница	-3	-3	+5	-4	+6	+5		-5	+3	
50-75	Богара	38	22	27	21	35	28	36	18	18	
	Разница	+1	-2	+5	0	+4	+9	-1	+1	-2	
75-100	Богара	40	22	30	17	28	31	35	19	16	
	Разница	-2	-1		0	+4	+6	+2	+1	+3	
100-150	Богара	40	24	32	20	33	32	34	19	15	
	Разница	-3	-2	+1	-2	0		+1	+2	+1	
150-200	Богара	42	21	34	21		31	33			
	Разница		0	0	0		+2	+2			

* В числителе указан № оросительной системы, в знаменателе — срок орошения (лет).

В почвах солонцового комплекса, напротив, *методом отмучивания* выделяется меньше ила, чем пирофосфатным методом. Очевидно, эти почвы содержат большое количество несиликатного железа, которое растворяется при обработке пирофосфатом, и в результате разрушаются наиболее прочные сцементированные железом агрегаты, тогда как методом отмучивания они не диспергируются.

Под влиянием орошения содержание илистой фракции во многих почвах изменяется мало. Для некоторых орошаемых почв отмечается тенденция увеличения содержания ила в пахотном горизонте. Только для темно-каштановой почвы Ершовского ОУ, орошаемой 50 лет, выявляется статистически значимое ($p = 0,95$) увеличение содержания илистой фракции в пределах верхнего полуметра. Запасы ила, подсчитанные на основании усредненных значений содержания фракций $<0,001$ мм с учетом объемных масс и мощностей горизонтов, возрастают под влиянием орошения в КЗ на 400-500 т/га в пределах верхнего полуметра (табл. 21). При этом, по данным отмучивания, в орошаемой почве не только возрастает содержание ила, но и принципиально изменяется характер его профильного распределения — оно становится аккумулятивным вместо элювиального в пахотном и подпахотном горизонтах на глубине 0-50 см в неорошаемых почвах.

Таблица 21

Запасы илистой фракции в неорошаемых почвах Поволжья и их изменение при орошении, т/га, $n = 7-20$

Глубина, см	Тип использования	Автоморфные условия					Гидроморфные условия		
		Чо* (3/48)	Чю* (4/18)	Кл* 6/10	К1* (8/10)	Сн* (8/10)	КЗ* (6/48)	Бу* [^] (9/22)	Бу* (9/22)
0-30	Богара	780	835	445	525~	571~	754	337~	334
	Разница	+45	+140	+80	-69	+25	+371	0	+101
30-100	Богара	1968	3114	3010	3392	3870	3228	2718	1832
	Разница	+123	-389	+896	-33	-566	+235	-280	+208
100-200	Богара	1778	5475	4774	4820	4650	5106	1482	1140
	Разница	-63	-231	+61	-92	+170	+442	-42	-82
0-200	Богара	4526	9424	8229	8737	9037	9088	4537	3306
	Разница	+105	-480	+1037	-194	-377	+1048	-392	+227

Поскольку полив на этом орошаемом участке осуществляется волжской водой из пруда, содержащей незначительное количество твердых взвешенных частиц, можно полагать, что столь заметное возрастание количества илистой фракции при орошении происходит преимущественно за счет интенсификации процес-

сов образования ила в почвах. Как показано выше, снижение количества слюд и пелитизированных полевых шпатов в составе тонкопесчаных и пылеватых фракций КЗ при орошении можно объяснить, во всяком случае, частично, именно их физическим дроблением до размеров илестых частиц. Дополнительные циклы увлажнения—высыхания почв при ирригации способствовали развитию процессов физического дробления индивидуальных частиц прочных агрегатов крупных фракций и пополнению фракции $<0,001\text{ мм}$.

Состав глинистых минералов илистой фракции почв

Глинистые минералы ила представлены каолинитом с разупорядоченной решеткой по всем направлениям кроме оси С, триоктаэдрическим хлоритом, диоктаэдрическими минералами группы иллита, неупорядоченными смешанно-слойнными иллит-сметитами (разбухающие минералы), диагностируемых по Б. П. Градусову (1976). Положительная корреляция между интенсивностями рефлексов 7,2 и 4,78 Å на рентгенограммах исходных препаратов свидетельствует о том, что среди минералов группы каолинита и хлорита, которые по использованной методике определяются совместно, преобладают хлориты, что ранее отмечалось для почв юго-восточной части Европы (Корнблум и др., 1977). В составе ила преобладают лабильные минералы, составляющие 40-57%, далее идут иллит (24-37%) и каолинит в сумме с хлоритом (14-30%) (рис. 12-14). Исследованным почвам свойственны установленные ранее для черноземов и каштановых почв закономерности профильного распределения отдельных групп глинистых минералов: уменьшение количества хлоритов в верхних горизонтах за счет их разрушения и, возможно, трансформации в лабильные структуры, возрастание в верхних горизонтах содержания иллитов, что связывают обычно с процессом иллитизации (Корнблум и др., 1972; Чижикова, 1984). Уменьшение количества хлоритов и увеличение содержания иллитовых минералов, установленные по данным рентгендифрактометрии, подтверждаются также валовым химическим анализом ила: верхние горизонты характеризуются пониженным содержанием MgO и повышенным содержанием K_2O (рис. 15, 16).

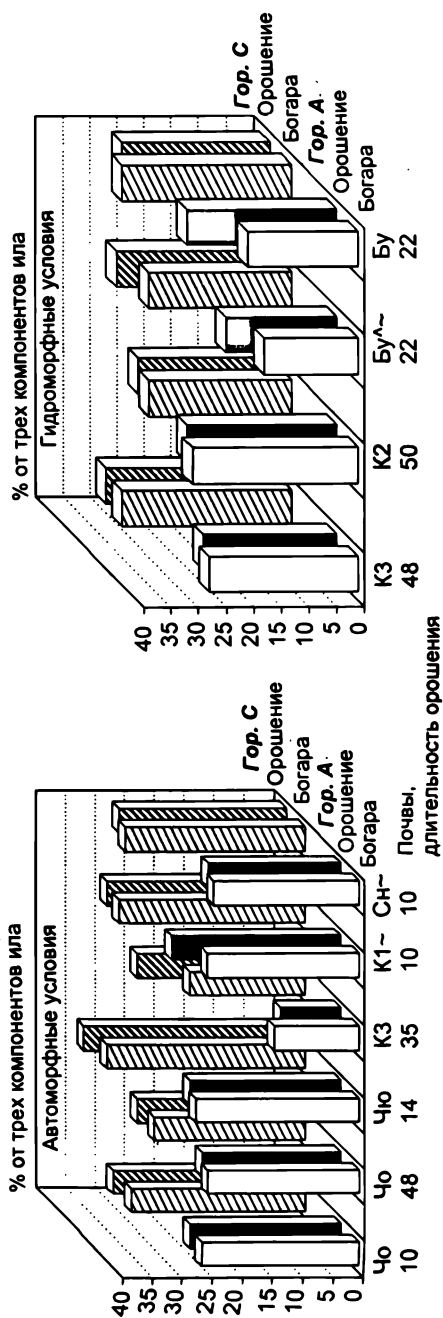


Рис. 12. Содержание каолинита + хлорита в илистой фракции почв Поволжья в % от трех компонентов ила

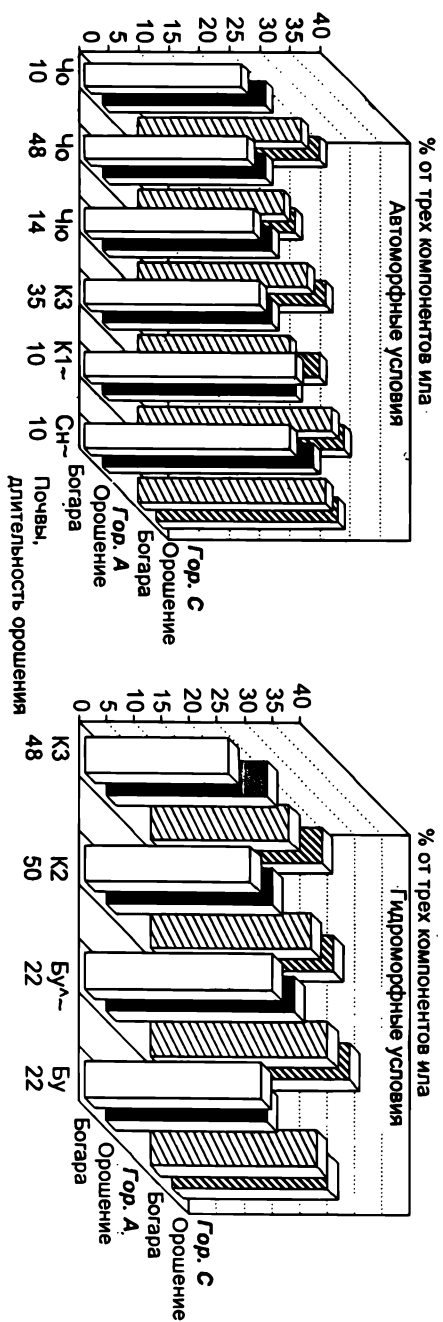


Рис. 13. Содержание илита в илистой фракции почв Поволжья в % от трех компонентов ила

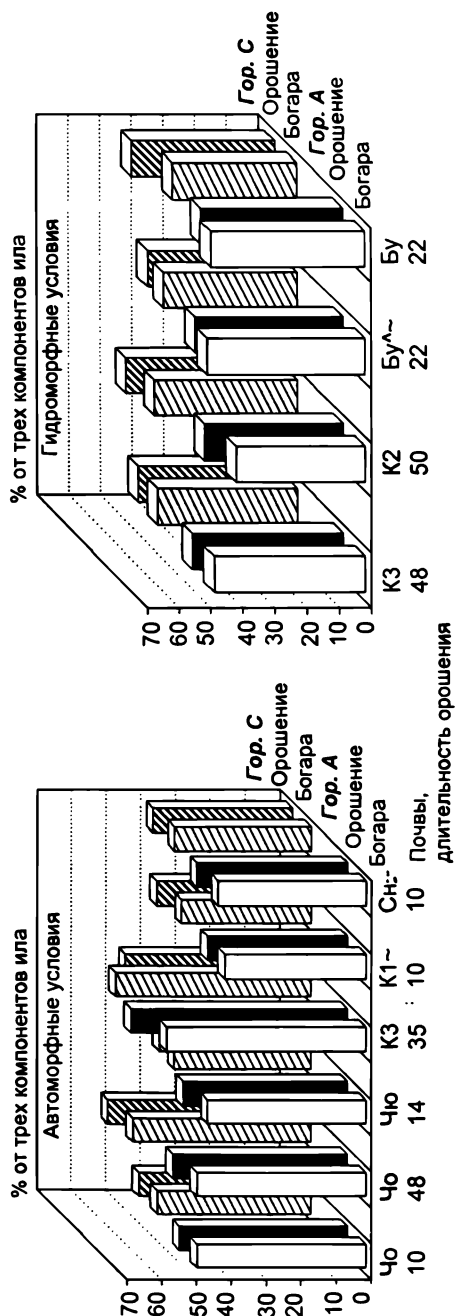


Рис. 14. Содержание лабильных минералов в илистой фракции почв Поволжья в % от трех компонентов ила

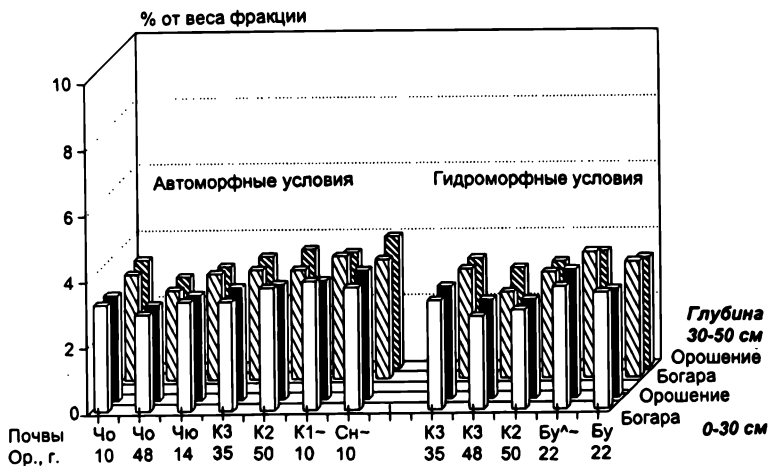


Рис 15. Содержание K_2O в илстой фракции почв Поволжья

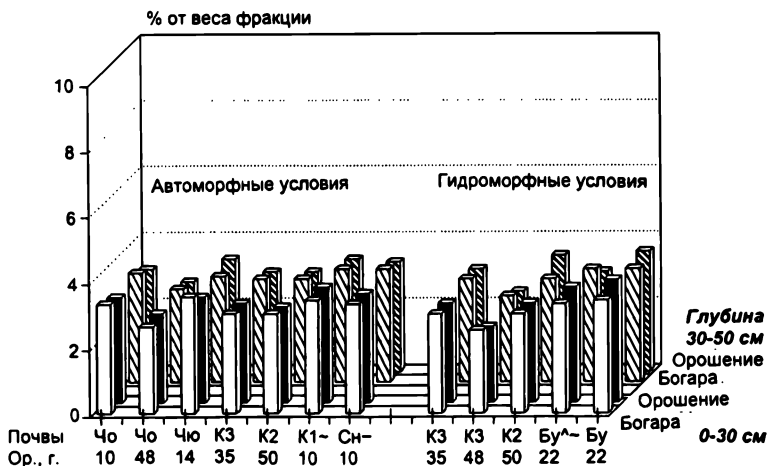


Рис. 16. Содержание MgO в илстой фракции почв Поволжья

В орошаемых почвах, в отличие от неорошаемых, содержится меньшее количество хлоритов в верхних горизонтах, что подтверждается как данными рентгенидифрактометрии, так и пони-

женным содержанием MgO в валовом химическом составе илистой фракции. Исключение составляет орошаемая бурая пустынно-степная почва, в ней илистая фракция верхних горизонтов обогащена хлоритом по сравнению с богарой. Очевидно, что пылеватые фракции этой почвы содержит больше хлорита, чем другие почвы, и при дроблении пополнение ими илистой фракции идет с большей скоростью, чем процесс растворения хлоритов, особенно при поливе напуском, когда поверхность почвы некоторое время остается полностью покрытой водой. При поливе **Бу** методом дождевания содержание хлоритов увеличивается меньше.

Содержание иллитов (в % от суммы трех компонентов ила) в верхних горизонтах неорошаемых и орошаемых почв больше на 1-5%, чем в иле породы. При пересчете содержания иллитов на почву в целом, с учетом содержания ила, в большинстве исследуемых неорошаемых и орошаемых почв оно равно или меньше, чем в илистой фракции породы. Следовательно, можно сказать, что процесс иллитизации в верхней части профиля имеет относительный характер. В большинстве почв под влиянием орошения иллитизация или усиливается или не изменяется по сравнению с неорошаемыми почвами.

В слое 0-50 см неорошаемых и орошаемых почв содержание лабильных силикатов в % от трех компонентов ила в основном больше, чем в иле породы. При пересчете на проценты с учетом содержания ила выявлено, что в верхней толще неорошаемых почв отмечается уменьшение лабильных силикатов по сравнению с илом породы, тогда как в орошаемых почвах чаще наблюдается увеличение лабильных силикатов в верхних горизонтах по сравнению с илом породы.

Если в почвах под влиянием орошения происходит увеличение содержания илистой фракции в верхней части профиля, осуществляется оно главным образом за счет иллитов и разбухающих минералов.

Если в почвах происходит уменьшение количества ила, связанное с орошением, то оно, в основном, связано с потерей хлоритов, потом — лабильных силикатов и, в меньшей степени, с убылью иллитов.

Вызванные орошением отличия, установленные между разрезами, полностью подтверждаются усредненными данными для нескольких образцов орошаемых и неорошаемых почв.

Содержание и состав глинистых минералов ила мезоструктурных элементов почв

Из орошаемых и неорошаемых темно-каштановых почв Ершовского ОУ ил выделяли не только из общей массы почв, но также из основных элементов строения, препарированием по методике В. О. Таргульяна и др. (1974). В обоих разрезах наблюдается дифференциация содержания илистой фракции по элементам строения: максимальное содержание ила при наименьшей дифференциации по генетическим горизонтам свойственно межтрещинной массе (МТМ), минимальное количество ила — внутритрещинной массе (ВТМ), морфологически описываемой как серые затеки гумусового горизонта в горизонтах В. В элементах строения, названных при морфологическом описании глинистыми кутанами, аккумуляции частиц $<0,001$ мм не наблюдается, содержание ила в них такое же, как во вмещающих горизонтах, или несколько меньше. По всей вероятности, глинистые кутаны выделяются в почвенном профиле за счет лучшей сортировки материала с накоплением тонкодисперсных, но не собственно илистых частиц. С наибольшей интенсивностью процесс разрушения глинистых силикатов протекает в ВТМ, через которую фильтруется больше воды, чем через межтрещинный материал. Поэтому именно ВТМ наиболее существенно обедняется илистой фракцией.

Минералогический состав ила МТМ в обоих разрезах слабо дифференцирован по профилю, отличается от вмещающих горизонтов повышенным содержанием хлорита и понижением иллита и характеризуется наиболее острыми симметричными рефlekсами на рентгенограммах, без всяких признаков супердисперсности разбухающих минералов. Илистая фракция ВТМ и глинистых кутан по сравнению с илом вмещающего горизонта содержит больше иллита и меньше разбухающих минералов, которые обнаруживают отчетливые признаки супердисперсности.

Накопление иллитов и потеря разбухающих минералов из илистой фракции ВТМ и кутан, а из ила ВТМ также потеря хлорита, подтверждаются соответственно повышенным содержанием K_2O и пониженным содержанием MgO в валовом химическом составе илистой фракции ВТМ и кутан по сравнению с фракцией $<0,001$ мм вмещающих горизонтов. Илистая фракция кутан, по сравнению с илом вмещающих горизонтов, обедняется железом — элементом, который обычно входит в состав кристаллической решетки как разбухающих минералов, так и триоктаэдрических хлоритов.

Обсуждение результатов

Закономерности распределения основных групп глинистых минералов по профилю и по элементам строения в исследованных почвах можно объяснить следующим образом. Наименее устойчивые к выветриванию магнезиальные хлориты и разбухающие минералы подвергаются разрушению в верхних горизонтах, особенно в пахотном, и в тех элементах строения нижележащих горизонтов, которые испытывают наибольшее воздействие почвенных растворов, т. е. во внутритрещинной массе и некоторых кутанах. Процесс разрушения приводит к обеднению указанных горизонтов и элементов строения хлоритами, лабильными силикатами и илистой фракцией в целом.

Под влиянием орошения процесс разрушения магнезиальных хлоритов усиливается, что вызывает дополнительное уменьшение содержания этих минералов в орошаемых почвах по сравнению с неорошаемыми.

Наблюдаемое в верхних горизонтах исследуемых почв, а также в ВТМ и глинистых кутанах нижележащих горизонтов накопление иллитов в составе илистой фракции может происходить по ряду причин. Во-первых, оно может быть относительным, связанным с потерей других компонентов. Во-вторых, содержание иллитов может возрастать за счет процесса иллитизации (Корнблум и др., 1972). Для того, чтобы орошение усиливало иллитизацию, необходимо значительно большее содержание K^+ в поливной воде. Скорее всего, это происходит за счет физического дробления слюдистых и иллитовых частиц, заключенных в составе более крупных фракций, до размера иллитовых частиц (Алексеев, 1977). Процесс дробления, очевидно, имеет особенно большое значение и подтверждается отмеченным выше уменьшением содержания слюдистых минералов в составе пылеватых фракций верхних горизонтов. При орошении, особенно при близком залегании ГВ, процесс иллитизации усиливается. В ряде орошаемых почв интенсифицируется физическое дробление слюдистых и иллитовых частиц до размера $<0,001$ мм, что приводит к накоплению иллитов в составе илистой фракции верхних горизонтов, а в некоторых почвах и к накоплению самой илистой фракции в этих горизонтах и иллитов в пересчете на почву в целом с учетом содержания ила. Возможно также, что некоторая часть иллитов и лабильных силикатов в неорошаемых почвах находится в составе очень прочных агрегатов, которые постепенно разрушаются при воздействии длительного орошения, освобождая заключенные в них слоистые силикаты.

Таким образом, основным механизмом оглинивания, развивающегося в степных почвах и усиливающегося под влиянием орошения, является не синтез новых глинистых минералов (Соколова, 1984), а физическое дробление минералов пылеватых частиц. Такой механизм оглинивания свойственен и ряду почвенных типов гумидных областей (Соколова, Дронова, 1983).

В некоторых почвах при орошении уменьшается содержание илистой фракции в верхних горизонтах. Очевидно, что потеря ила из этих горизонтов происходит при орошении в тех случаях, когда в составе крупных фракций запас слоистых силикатов невелик. Орошение приводит к обеднению верхних горизонтов илом за счет разрушения и нисходящего перемещения тонкодисперсных глинистых минералов. Оба эти процесса существенно интенсифицируются при поливе щелочными водами, содержащими соду, или при преобладании в составе илистых фракций неустойчивых к разрушению хлоритов и легко переходящих в супердисперсное состояние монтмориillonитовых минералов. По данным экспериментов ряда исследователей (Bar-On, Shainberg, 1970; Kamil, Shainberg, 1968; Sehramm, Kwak, 1984), можно предположить, что наиболее интенсивное разрушение глинистого материала, особенно лабильных структур, происходит в процессе щелочного гидролиза в почвах, содержащих Na в ППК, при поливе слабоминерализованными или содержащими соду водами.

Особенностью некоторых степных почв является состояние супердисперсности разбухающих минералов в неорошаемых почвах, проявляющееся в нижней части профиля, что объясняется присутствием здесь легко растворимых солей и обменного натрия — сильного диспергирующего агента (Структура, функционир. и эвол., 1974). Признаки супердисперсного состояния проявляются в необычно высоких (16-18 Å) значениях d_{001} этих минералов на дифрактограммах исходных насыщенных Mg препаратов. В солонцах и светло-каштановых солонцеватых почвах супердисперсное состояние лабильных минералов характерно для всего профиля. В тех орошаемых почвах, где создается гидроморфный водный режим, ярко выраженная супердисперсность разбухающих силикатов отмечается в пределах всего профиля, в том числе и в верхнем пахотном горизонте, где величина d_{001} составляет 18 Å. Это подтверждает данные Н. П. Чижиковой и Б. П. Градусова (1972) о появлении супердисперсности у лабильных силикатов в **гор. Апах** черноземов Барабы при поливах сильноминерализованной щелочной водой. Появление признаков супердисперсного состояния смектитового компонента в пахотном горизонте обыкновенных черноземов Безенчукского

ОУ, поливаемых в настоящее время пресной гидрокарбонатно-кальциевой водой, (до 60-х годов состав воды был хуже, минерализация больше) свидетельствует о возможном развитии дальнейших процессов деградации черноземов даже в автоморфных условиях при ухудшении качества поливной воды, о чем также свидетельствует увеличение количества водно-пептизированного ила в верхних горизонтах этих черноземов (Барановская и др., 1988).

Анализируя весь представленный материал по содержанию и рентгеновским спектрам глинистых минералов ила, можно заключить, что основные изменения глинистого материала под влиянием процесса почвообразования в естественных условиях и при орошении происходят в пахотном и подпахотном горизонтах. В нижележащих горизонтах "проработка" глинистого материала почвообразующей породы почвенными процессами, в том числе и при орошении, осуществляется преимущественно в при-трещинной зоне, прилегающей непосредственно к путям миграции растворов. Глинистые силикаты в межтрещинной массе существенного изменения при почвообразовании не испытывают, даже при орошении оставаясь как бы "законсервированными".

В орошаемых почвах с вторично гидроморфным режимом по сравнению с поливными землями, функционирующими в автоморфных условиях, отмечается большее изменение количество илистой фракции за счет дезинтеграции пылеватых частиц и более выраженная трансформация глинистых минералов. Усиление формирования илистой фракции в Бу при поливах методом затопления по сравнению с дождеванием возможно объяснить большим периодом восстановительных условий.

ГЛАВА 5

ПРОДУКТИВНОСТЬ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ РОССИИ

Благоприятное сочетание отличных почв с оросительной водой хорошего качества не может само по себе гарантировать высокие урожаи возделываемых культур и неизменность состава и свойств орошаемых почв.

И. А. Крупеников, Б. П. Подымов,
Э. И. Скрыбина, 1985. С. 32

Поставленная перед мелиорацией задача увеличения производства зерна путем орошения степных почв не была выполнена. Остановимся кратко на *зерновой проблеме* при орошении. В 1965 г. в структуре орошаемых площадей более половины занимали зерновые. В самом крупном регионе ирригации — Северо-Кавказском — они составляли 60% (в Дагестане — 75%), в Восточно-Сибирском — 52%. На поливных землях других районов выращивались преимущественно овощи. В этот период урожаи зерновых на орошении сильно различались в зависимости от региона: в Восточно-Сибирском они не превышали 1,2 т/га, прибавка от дополнительного увлажнения составляла 0,1-0,2 т/га, в Дагестане получали урожаи зерновых около 1,5 т/га, что в 1,6 раза было больше, чем на богаре, в Северо-Кавказском регионе — в 2,6, и 2,0 раза больше соответственно. Таким образом, имеющиеся данные по урожайности зерновых культур на поливных землях в период до начала интенсивного развития орошения, свидетельствуют о том, что их урожаи сильно колебались в зависимости от района и значительное увеличение урожаев зерновых от ирригации — сложная задача.

В течение тридцатилетнего периода ирригации продуктивность зерновых на орошаемой пашне не удалось существенно

увеличить. Более отзывчивы на дополнительное орошение оказались кормовые культуры. Еще В. В. Докучаев (1898) предупреждал, что орошение черноземов под зерновые "весьма сомнительно", под травы — "несомненно, полезно". Поэтому в течение 30 лет структура посевных орошаемых площадей изменялась в направлении уменьшения клина под зерновыми культурами и увеличения — под многолетними травами. На орошении в севообороте преобладают многолетние травы (37-43%), на зерновые приходится 25-30%, однолетние травы, кукуруза на силос и овощи занимают приблизительно по 10%. Под кормовые культуры от структуры посевных площадей рентабельно отводить в регионе неустойчивого увлажнения 50-60%, в засушливой зоне 60-70% (Соляник, Ключин, 1984).

Структура севооборотов на орошаемых полях сильно различается в зависимости от района. В Северо-Кавказском районе преобладают зерновые (40-43%), в большинстве его регионов колосовые занимают больше 50% площади, а многолетние травы — меньше 25% (только в Ставропольском крае площадь под ними увеличена до 35%). В Поволжье приоритет отдан многолетним травам (около 40%), тогда как доля зерновых не превышает 25%, только в Астраханской области она достигает 40%. Близкая структура поливных севооборотов в Волго-Вятском и Центрально-Черноземном районах. В Восточно-Сибирском районе доля колосовых уменьшается до 10-14% при расширении площади под однолетние травы. В Уральском и Западно-Сибирском районах выращивают преимущественно многолетние травы (>60%), на зерновой клин приходится менее 10%.

Максимальные сборы зерна с поливных полей получают в Северо-Кавказском районе, среди его регионов это Краснодарский край и Кабардино-Балкария (рис. 17а-в). Прирост урожая зерновых по сравнению с богарой составляет 1,3-1,6 раз, но в абсолютном выражении это наибольшая прибавка в России. Далее в порядке уменьшения эффективности орошения идут регионы Ставропольский край, Ростовская, Астраханская и другие области Поволжья, Нечерноземный и Центрально-Черноземный районы. В Восточно-Сибирском районе получают минимальные урожаи зерновых и наименьшее их приращение от ирригации. Не смотря на это здесь площади, занятые колосовыми, больше, чем в Западно-Сибирском и Уральском районах. В последних эффективность орошения зерновых выше и сборы зерна увеличиваются в 1,5-1,8 раз по сравнению с богарой (против 1,1-1,3 раз в Восточно-Сибирском районе).

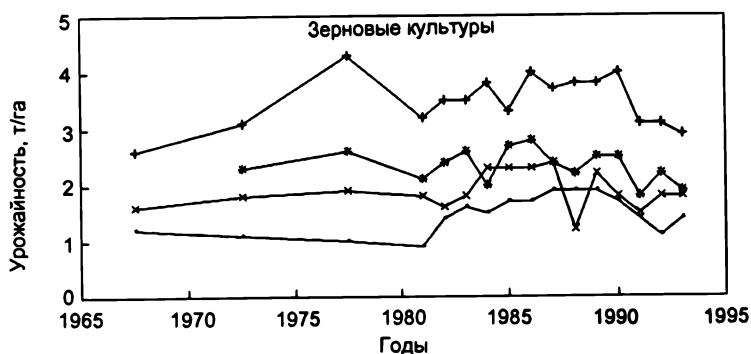


Рис. 17а. Урожайность зерновых культур на орошаемых почвах некоторых регионов России (для 1965-1980 гг. — средняя за 5 лет; для 1981-1993 гг. — среднегодовая)



Рис. 17б. Урожайность многолетних трав на орошаемых почвах некоторых регионов России (для 1965-1980 гг. — средняя за 5 лет; для 1981-1993 гг. — среднегодовая)

Наиболее эффективно орошение *многолетних трав*. Максимальные их урожаи на орошаемых землях получают в Ставропольском крае и Астраханской области, немного меньшие в

Краснодарском крае и Волгоградской области. Многолетние травы в этих регионах наиболее отзывчивы на дополнительное увлажнение, урожаи повышаются в 2,5-4 раза по сравнению с богарой (в Краснодарском крае 1,4-1,9 раз). Приращение урожаев многолетних трав в этих регионах наибольшее и в абсолютных величинах. Следовательно, в Поволжье наиболее экономически выгодно выращивать многолетние травы, т.к. урожаи и их увеличение при орошении сравнимы с Северо-Кавказским районом, наиболее продуктивным в поливном земледелии. В Восточно-Сибирском районе самые низкие урожаи многолетних трав (приблизительно в 2-2,5 раза меньше, чем в Северо-Кавказском районе) и их прибавки от ирригации не превышают 1,4-1,6 раз, во многих районах степной зоны — 1,4-2,2 раза.

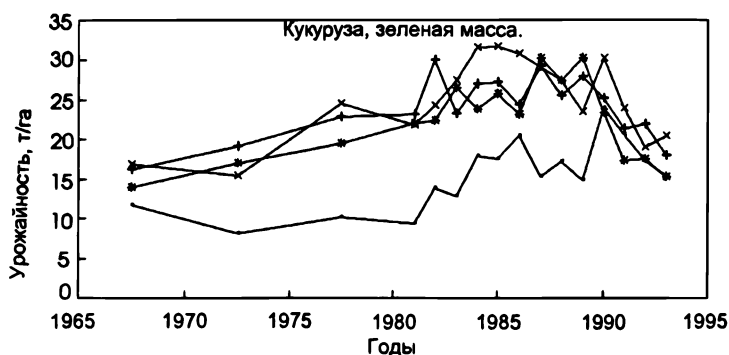


Рис. 17в. Урожайность кукурузы (зеленая масса) на орошаемых почвах некоторых регионов России (для 1965-1980 гг. — средняя за 5 лет; для 1981-1993 гг. — среднегодовая)

Для продуктивности однолетних трав по регионам отмечаются близкие закономерности. Наибольшие урожаи орошаемой кукурузы на зеленый корм получают в Ставропольском и Краснодарском краях и в Самарской области (более 30 т/га). В два раза меньшие урожаи выращивают в Восточно-Сибирском регионе, в остальных районах степной зоны они составляют около 27 т/га. Максимальные прибавки урожаев от орошения кукуруза дает в Ставропольском крае. Ее урожаи повышаются по сравнению с богарой в 2,2-2,4 раза. Близкое увеличение отмечается в Волго-

градской и Саратовской областях и Западно-Сибирском районе. Но абсолютные прибавки больше в Ставропольском крае. В Поволжье в целом и Западно-Сибирском регионе абсолютное приращение урожаев поливной кукурузы по сравнению с богарой больше, чем в Кавказском районе. Но доля кукурузы в Западно-Сибирском районе меньше 10%. В этом районе необходимо расширить площади занятые кукурузой.

Под влиянием орошения многолетние травы дают наибольшее приращение урожаев по сравнению с богарой (в 1,5-4,0 раза), затем в порядке уменьшения следуют: кукуруза (1,5-3,0), однолетние травы (1,3-3,0) и зерновые культуры (в 1,1-2,5 раза).

На Северном Кавказе в результате ирригации создаются наиболее благоприятные условия тепла и влаги. Здесь при дополнительном увлажнении получают максимальные урожаи и наибольшие прибавки по сравнению с богарой. Затем в порядке уменьшения этих показателей идут Поволжье, Сибирь, Центральный и Нечерноземный регионы. При орошении сохраняются значительные колебания урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от климатических условий года. Так разница между максимальными и минимальными урожаями на орошаемой пашне средним за 15 лет составляет для зерновых 20— 50%, для многолетних трав — 20-70%, для однолетних трав и кукурузы на силос — 35-95%.

Анализ урожайности в орошаемом земледелии за 30 лет показал, что до 90х годов она постоянно росла. Для зерновых повышение урожаев было небольшое (1,1-1,5 раз), для остальных культур 1,4-2,5. За последние пять лет урожаи поливных культур снизились приблизительно на 30% по сравнению с предыдущим пятилетним периодом. Это объясняется, прежде всего, меньшим внесением минеральных и органических удобрений (в 4 раза по сравнению с предшествующим пятилетием), а также средств борьбы с вредителями и болезнями растений (Гос. доклад ..., 1994), ухудшением поливного режима и др.

В слое 0-1 м запас продуктивной влаги за счет атмосферных осадков составляет в **Чо** 200-250, в **Чю** и **КЗ** 110-150, в **К2**, **К1**, **Бу** 50-100 мм. Если на получение 1 т зерна требуется в среднем 80 мм воды (Шишов и др., 1989), то естественная влага обеспечит урожаи соответственно 2,5-3; 1,5-2 и 0,6-1,2 т/га. Оросительная норма 120-150 мм для **Чо** и 200-300 мм для остальных почв должна была бы повысить урожаи зерновых до 4-5 т/га и до 50-60 т/га сборы зеленой массы кормовых культур. Но реально урожаи меньше, так как накладываются другие негативные природные факторы: трудные условия перезимовки озимых, интен-

сивные суховеи, приводящие за 2-3 дня к значительному повреждению зерновых (например, в Поволжье в 30-50% лет отмечается недобор зерна из-за его "захвата" суховеями (Магакян, 1977). Одним из ведущих факторов снижения урожаев на поливных почвах является нарушение водного режима. На орошении необходимо поддерживать влажность на уровне не менее 70% НВ. При близости других условий, если число дней с влажностью ниже оптимальной достигает около 25 суток, недополучение урожаев составляет 20-40%, а 50 суток — 45-60% (Баер, 1989). Нарушение водного режима отмечается на Северном Кавказе на 75% площадей орошения (Кучуков, 1982), на Украине — на 70-80% (Баер, 1989). На 7% орошаемых площадей проводится всего один полив. Зерновые особенно чувствительны к недостатку влаги в начале своего развития (Шульгин и др., 1977). Опоздывание на 8-10 дней с началом первого полива уменьшает их урожай на 1,2-1,5 т/га (Кучуков, 1982).

Избыток влаги весной, особенно во вторично-гидроморфных почвах препятствует их обработке, укорачивается период биологической активности. Известно, что на поливной пашне возделываемые культуры удлиняют свой вегетативный период на 5-15 дней (Джулай, Огиенко, 1984). Для регионов Сибири не хватает благоприятного времени для созревания растений и их уборки, для Северного Кавказа и Нижнего Поволжья укорачивается период для выращивания повторных посевов. Известно, что их запахивание по воздействию на восстановление водопрочности структуры почв и запасов гумуса сравнимы с люцерной (Снеговой, 1981). Ночные поливы повышают продуктивность на 18-20% (Кучуков, 1982).

Подщелачивание почвенного раствора и сопутствующее ему ухудшение физико-химических и других свойств приводит к снижению плодородия, недобору урожаев сельскохозяйственных культур. Слабая щелочность почв (рН 7,5-8,0) уменьшает плодородие и урожай на 10-15%, средняя щелочность (рН 8,1-8,5) — на 30-35% (Зимовец, 1982).

Одной из причин нерентабельного производства на орошении является отсутствие новых сортов, адаптированных для ирригации. Например, применение повышенных доз удобрений приводит к увеличению урожаев зерновых, но их невозможно собрать из-за полегания растений. Кроме того, поливные культуры, в первую очередь это относится к колосовым культурам, имеют поверхностную корневую систему и сильнее страдают из-за сухости почвы при несвоевременных поливах, чем растения на богаре.

Следует отметить, что в настоящее время *факторами, лимитирующими урожайность* сельскохозяйственных культур, являются почвенно-мелиоративные условия, организационно-технологические, экономические и социальные причины (несвоевременность поливов, недостаточность воды для ирригации в острозасушливые годы, нарушения агротехники) и нерегулируемые или недостаточно регулируемые метеорологические условия (острые засухи, длительные суховеи, трудные условия перезимовки озимых культур и люцерны и т.д.), отсутствие и недостаточное внедрение новых сортов сельскохозяйственных культур, адаптированных к орошению. Деградация почв (ее причины проанализированы в главе 6.4) является также фактором снижения урожаев при поливном земледелии.

Необходимо совершенствовать структуру посевов, увеличить площади, занятые под многолетние травы. Их продуктивность в 1,5-2 раза выше, чем у однолетних трав, кроме того, они улучшают структуру, обогащают почву питательными веществами. Однако на орошаемой пашне сохраняется высокий процент однолетних трав (10-27%), тогда как на многолетние травы приходится ненамного больше площади (26-40%). Многолетние травы наиболее отзывчивы на дополнительное увлажнение, их урожай возрастает в 3-4 раза. Тогда как продуктивность при орошении по сравнению с богарой у кукурузы увеличивается в 2-2,5 раза, у зерновых — в 1,2-2,4 раза.

Показателем благоприятного функционирования орошаемых почв являются высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Опыт зарубежных стран показывает, что при урожаях зерновых выше 4-5 т/га и максимальном оставлении на полях растительных остатков в почвах отмечается положительный баланс гумуса. Это достигается применением комплекса мер и требует больших капиталовложений. Оросительные мелиорации должны носить комплексный характер, сочетаться с высокой агротехникой, агролесомелиорацией, своевременными поливами и удобрением полей, подбором сортов культур и предшественников в севообороте, в Сибири — с тепломелиорацией.

ГЛАВА 6

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ

6.1. ФАКТОРЫ, ПРОЦЕССЫ, СВОЙСТВА ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ

Главное заключается в дальнейшем развитии доктрины "свойства почв — почвообразовательные процессы — факторы почвообразования".

И. П. Герасимов, 1975. С. 9.

Орошаемые почвы — это природно-техногенные системы, являющиеся экотонами в окружающей среде. Степень устойчивости их функционирования определяется человеком. Прежде всего изменяются факторы почвообразования.

Орошение изменяет *гидротермические* показатели. Оросительные нормы увеличивают общее количество осадков, получаемых почвами степей, на 50-100%. Возрастает влажность воздуха, температура поливных почв и воздуха снижается, увеличиваются затраты тепла на испарение. Почвы сдвигаются на 1-2 гидроряда и относятся к гидроряду обеспеченного увлажнения (Барановская, Азовцев, 1974). В степной зоне поливы осуществляются в основном методом дождевания.

Изменение *рельефа* происходит как в процессе строительства ОС (планировка территории, буртование, нарезка каналов, создание водохранилищ), так и при их эксплуатации (ирригационная эрозия, наносы, оползни, суффозия, уплотнение). Некачественная планировка поверхности, большие срезки, неравномерное распределение буртованного материала, просадочные и суффозионные явления в лессовых грунтах, образование промоин, размывов, оврагов приводят к деформации поверхности,

усложнению структуры почвенного покрова, снижению плодородия почв.

Дополнительное увлажнение, улучшая водный и тепловой режимы, создает условия для более интенсивной *микробиологической деятельности* в течение всего вегетационного периода. В орошаемых почвах увеличивается ферментативная активность и общее количество микроорганизмов. Это приводит к интенсификации почвообразовательного процесса в целом. При создании благоприятного водного и пищевого режимов в орошаемых почвах стабилизируется скорость минерализации и гумификации растительных остатков. Возможны и нежелательные последствия: увеличение продуцирования микроорганизмами фенольных соединений, органических кислот и метана, особенно в анаэробных условиях.

Рассмотрим изменение *физических свойств и элементарных почвообразовательных* процессов, происходящих под влиянием смены факторов почвообразования при орошении.

Уплотнение заключается в увеличении объемной массы верхних горизонтов глинистых и суглинистых почв при орошении до 1,3-1,4 г/см³. Оно может происходить за счет более плотной упаковки агрегатов в верхнем метре орошаемых почв при проходах тяжелой техники, при перемещении ила из верхней в среднюю часть профиля с образованием плужной подошвы и при формировании почвенной корки. Уплотнению орошаемых почв может способствовать закупорка пор и трещин в результате увеличения количества низкоагрегированного ила и появления супердисперсности у разбухающих минералов (Данилова и др., 1971; Приходько, Соколова, 1989).

Слитизация — более значительное уплотнение почв до 1,6-1,7 г/см³. Во влажном состоянии почвы сплываются, характеризуются вязкостью. Слитизация происходит за счет физико-химических изменений в почвах — гидрофилизации коллоидов, образования высокодисперсных почвенных полимеров, цементации микроагрегатов растворимыми соединениями Si, Mg, Al (Розанов, 1974; Ковда, 1981). К слитизации склонны почвы с высоким содержанием тонкодисперсных частиц в зонах черноземных и каштановых почв.

Деградация структуры почв на макро- и микроуровнях в результате орошения отмечалась неоднократно. На микроуровне происходит упрощение строения микроагрегатов, усиление микроразнональности строения плазменного материала, на макроуровне наблюдается увеличение глыбистости, уменьшение количества агрономически ценных агрегатов, снижение их водопрочности.

Гумусообразование. При орошении выявлено или снижение содержания гумуса, или стабильные его запасы с тенденцией увеличения. Гумусное состояние почв при орошении в значительной степени зависит от культуры земледелия и химического состава поливной воды. При их высоком качестве, наличии в севообороте многолетних трав (не менее 30%), внесении органических удобрений (10-20 т/га ежегодно) содержание гумуса в орошаемых почвах не уменьшается. Также отмечается улучшение его состава: формирование темно-бурых микроформ гумуса, увеличение содержания гуминовых кислот, связанных с кальцием, и свободных гуминовых веществ (I фракция), являющихся ближним резервом для питания растений. Во многих хозяйствах культура земледелия и поливов остается низкой, что приводит к снижению запасов гумуса с большей скоростью, чем на богаре.

Карбонатообразование. Орошение пресными щелочными и минерализованными водами приводит к выщелачиванию CaCO_3 из почвенного профиля. Режим растворенной CO_2 , способствующий выносу карбонатов из верхней части почвенного профиля, создается при затоплении под рис. При орошении водой благоприятного состава запасы карбонатов в почве остаются стабильными. При этом возможно их подтягивание к поверхности, что особенно благоприятно для черноземов с глубоким залеганием углекислых солей в профиле.

Переувлажнение и заболачивание. На орошаемых полях почти повсеместно идет подъем уровня ГВ со скоростью 0,3-1,5 м в год. Через 10-30 лет после начала ирригации они достигают критического уровня, при котором нарушается устойчивость почв. При близком уровне залегания пресных ГВ начинается переувлажнение, заболачивание, ухудшается водно-воздушный режим, уменьшается содержание O_2 , накапливается большое количество CO_2 , появляются следы H_2S . При выходе капиллярной каймы на поверхность резко нарушается природное равновесие, замедляется скорость разложения органического вещества, начинается оглеение, поселяются гигрофиты, становится невозможной обработка почв. Длительное развитие восстановительных процессов в почвах отмечалось в литературе при затоплении под рис, поливах напуском при стоянии воды на поверхности почвы, при орошении методом дождевания в результате подачи больших поливных норм или под гидрантами. В этих условиях затрудняется аэрация почв, вытесняется почвенный воздух, снижается ОВП до 200-300 мВ, развиваются процессы денитрификации и восстановления соединений Fe, Mn и др. (Боровский, 1982; Кауричев, Орлов, 1982; Панов и др., 1986; Зборищук, 1990; Зайдель-

ман, Давыдова, 1989, 1990; Oster et al., 1992). Площадь орошаемых земель с уровнем залегания ГВ выше 2 м составляет в степной зоне 17%. В этих условиях формируется гидроморфный испарительный водный режим, при глубине ГВ 2-5 м — полуавтоморфный промывной. Третья часть этих почв подвергается вторичному засолению.

Вторичное засоление. Оно определяется следующими основными условиями: запасами солей в почвах и грунтовой толще, дренированностью регионов, конкретными условиями миграции солей, зонально-климатическими особенностями. Критическая глубина залегания ГВ для почв степной зоны составляет 2-2,5 м при минерализации больше 5-7 г/л. Одним из неблагоприятных явлений при ирригации является содопроявление в ГВ и почвах, а также осолонцевание почв. Причины появления соды при орошении следующие: миграция соды, имевшейся ранее в грунтовых водах, возникновение ее в результате обменных реакций и освобождения натрия из ППК, спорадически сода появляется в водоемах и оросительной сети в результате жизнедеятельности микроорганизмов.

Изменение минералогического состава. Орошение приводит к интенсификации внутрипочвенного выветривания. В первичных минералах крупных фракций отмечается возрастание пелитизации полевых шпатов, уменьшение количества слюд, амфиболов и др. Продукты их разрушения и дробления гидрослюд и хлоритов пополняют илистую фракцию, увеличивая ее количество. При небольшом резерве этих минералов происходит потеря илистой фракции под влиянием орошения в результате разрушения и миграции глинистых минералов. Эти процессы в основном характерны для верхних горизонтов и мезоструктурных отделностей, лежащих на путях миграции почвенных растворов. При поливах щелочными водами или при близком залегании уровня ГВ, содержащих натрий (особенно соду), появляется супердисперсность разбухающих минералов. Это, с одной стороны, может способствовать ухудшению ряда физических свойств (снижению пористости и фильтрации), а с другой — повышению обеспеченности растений некоторыми элементами питания.

Следует отметить принципиальное сходство процессов в орошаемых и неорошаемых почвах. Но функционирование почв происходит в условиях изменившихся факторов почвообразования, что создает новые сочетания процессов в почвах, которых не было в степной зоне. Даже пресные поливные воды имеют минерализацию больше, чем дождевые осадки и подаются большими нормами. Это сдвигает термодинамическое равновесие

почв, что наряду с увеличением циклов увлажнения высыхания приводит после длительного периода ирригации к увеличению содержания натрия в гор. Апах до 3-5% от ЕКО. Процесс интенсифицируется при поливах щелочными и минерализованными водами, которые используются на площади около 0,5 млн. га. Кроме того, на площади около 1 млн. га поливных земель создаются гидроморфные условия. Это приводит к еще большей интенсификации почвообразования и, по-видимому, к усилению воздействия восстановительных условий на характер преобразования глинисто-минеральной плазмы и особенно элементов с переменной валентностью. Приблизительно третья часть переувлажненных почв подвергается вторичному засолению.

6.2. Экологические ситуации, складывающиеся при ирригации почв

Земля сама собой исправиться и естества своего переменить не может: она требует себе вспоможения от рук человеческих.

А. Т. Болотов, 1952 (1770). С. 12.

Экологическая обстановка на орошаемых почвах изменяется во времени. Соответственно ей трансформируются почвы и проходят различные этапы развития. Рассмотрены ситуации (С), которые складываются в результате орошения и после проведения мер восстановления почв (табл. 22). Они определяются качеством поливной воды, степенью дренированности территории, уровнем залегания ГВ и их минерализацией после подъема на критическую глубину, типами водного и солевого режимов, свойствами орошаемых почв, уклонами местности, степенью развитости микрорельефа. Вначале выделяются почвы, которые до начала орошения формируются в автоморфных (С 1-12) и гидроморфных (С 13-16) условиях, и те и другие разделяются на незасоленные и засоленные. Далее рассматриваются оросительные воды (ОрВ): с минерализацией меньше 1 г/л (для черноземов меньше 0,5 г/л) и 1-4 г/л, среди них отдельно выделены сульфатно-натриевые и хлоридно-натриевые воды.

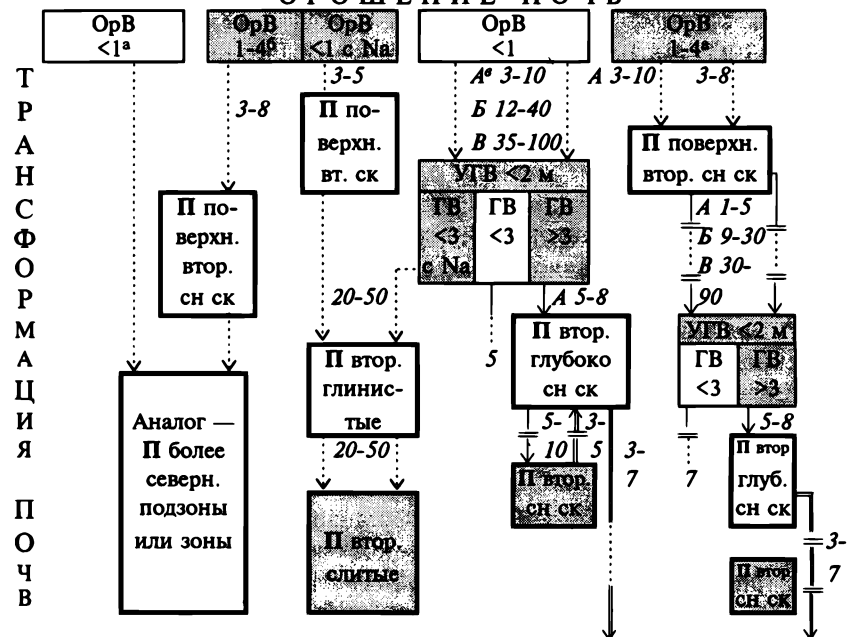
Также как и для оценки экологического состояния орошаемых почв в названии ситуаций использовали пятибалльную шкалу градаций и те же названия.

Экологические ситуации и трансформация почв (П)

ПОЧВЫ ДО ОРОШЕНИЯ:

Автоморфные незасоленные

ОРОШЕНИЕ ПОЧВ



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИТУАЦИИ, НОМЕР:

1

2

3

4

5

6

7

8

Орошаемые автоморфные П

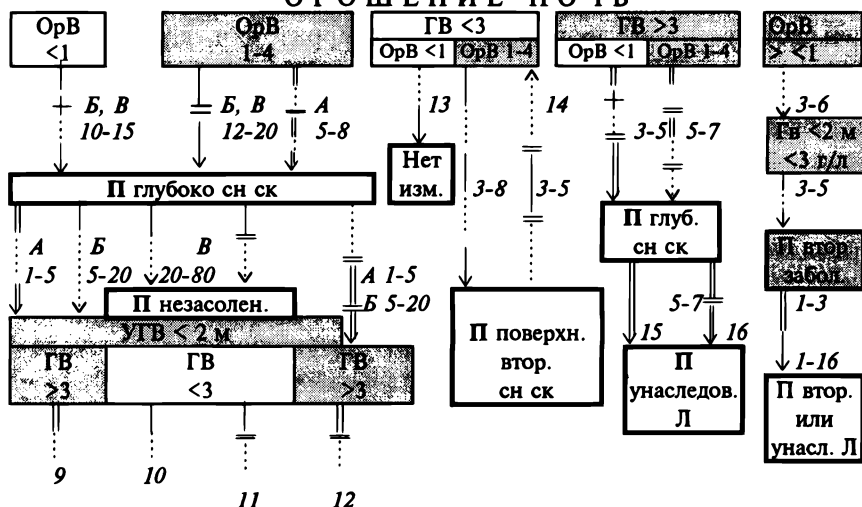
Орошаемые вторично-луговые П

при орошении и мерах их восстановления

ПОЧВЫ ДО ОРОШЕНИЯ:

Автоморфные засоленные	Гидроморфные незасоленные	Гидроморфные засоленные	Депрессий ^г
------------------------	---------------------------	-------------------------	------------------------

ОРОШЕНИЕ ПОЧВ



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИТУАЦИИ, НОМЕР:

9	10	11	12	13	14	15	16
Орошаемые вторично-луговые П				Орошаемые унаследованно-луговые П			

Трансформация почв за период (лет) под воздействием:

— оросительных вод (OpB);

— грунтовых вод (ГВ);

— дренажа;

+ — промывок;

— Са-, Н-, Fe-мелиораций;

а — для черноземов <0,5 г/л;

б — см. пояснения в тексте;

в — А, Б, В — уровень ГВ. А — 3-8 м, Б — 8-20 м, В — >20 м;

г — включая почвы вдоль каналов;

■ — экологическая опасность.

**Незасоленные почвы.
Автоморфные условия, сохраняющиеся
на протяжении всего периода орошения
(С 1,2,3)**

Ситуация 1. Удовлетворительная. При орошении водой хорошего качества автоморфных незасоленных почв благодаря хорошей естественной дренированности территории автоморфные условия сохраняются долго. Аналогом орошаемой почвы является почва более северной зоны или подзоны. Такая ситуация может быть в любой почвенной зоне. Почвы, сохраняющие автоморфный режим, занимают сейчас 42%, а в будущем их доля не превысит 10% общей площади орошения. Это в основном незасоленные почвы. Ускорение почвообразовательного процесса проявляется в изменении гумуса, структуры, трансформации минералов.

Дополнительное увлажнение интенсифицирует микробиологическую деятельность. При достаточном количестве поступления в почву растительных остатков содержание гумуса при различной длительности орошения или не изменяется, или немного увеличивается. В составе гумуса возрастает количество лабильной фракции фульвокислот за счет их новообразования. Изменившиеся биогидротермические условия должны приводить к накоплению наиболее устойчивых компонентов. Среди гумуса — это гуминовые кислоты. В орошаемых почвах отмечается их накопление. А также трансформация структурного строения гуминовых кислот в сторону большей бензоидности, уменьшения лабильных периферических фрагментов (Орлов и др., 1985). На большинстве ОС уменьшается содержание гумуса, при этом его качество или сохраняется или отмечается снижение ГК, связанных с кальцием.

В орошаемых почвах происходит изменение количества илистой фракции, в основном за счет механического воздействия интенсивного искусственного дождя на почву и разрушения глинистых минералов. Если в пылеватых фракциях есть достаточный запас слюды, хлорита или агрегатов, содержащих в своем составе глинистые минералы, и скорость их дезинтеграции выше скорости процессов разрушения и миграции глинистых минералов, то запас илистой фракции увеличивается. В противном случае отмечается уменьшение количества илистой фракции.

Уплотнение орошаемых почв происходит в основном за счет обработки тяжелой сельскохозяйственной техникой. Поливные автоморфные почвы весной из-за более значительного запаса

снега, чем на богаре, и влагозарядковых осенних поливов более длительный период находятся во влажном состоянии, чем богара. Обработка не в состоянии физической спелости приводит к уплотнению, и, в свою очередь, у переуплотненной почвы сокращается период физической спелости и минимальной липкости (Медведев, 1984).

Ситуация 2а. Напряженная. Поверхностно-вторично-солонцевато-засоленные почвы. Поливные воды с минерализацией 1-4 г/л (для черноземов > 0,5 г/л), $\text{SO}_4\text{-Na}$ состава, отношение Na^+ к Ca^{2+} (в мг-экв) 1-5, pH 7,5-8,5.

В первую очередь орошение такими водами вызывает увеличение щелочности, водорастворимого и обменного натрия, перестройку структуры, уплотнение, снижение скорости фильтрации. Солевой режим носит аккумулятивно-пульсационный характер: к концу вегетативного периода отмечается накопление легкорастворимых солей, которые выносятся осенне-зимне-весенними осадками. При минерализации ГВ больше 3 г/л после 15-20 лет орошения чаще всего возможно небольшое накопление солей за счет испарительной концентрации в **гор. Апах** или в других горизонтах профиля в зависимости от степени осенне-весеннего выщелачивания. При слабой естественной дренированности, небольшом резерве кальция в пахотном горизонте, тяжелом гранулометрическом составе, остаточной солонцеватости почвы быстрее подвергаются осолонцеванию. Поглощенный натрий и спорадически образующаяся сода способствуют диспергации органоминеральной плазмы, что облегчает как щелочной гидролиз минералов, так и миграцию их и более подвижных натриевых солей гуминовых веществ. Со временем при использовании повышенных доз органических удобрений и гипсовании почв интенсивность деградации уменьшается, содержание ОВ стабилизируется, мощность гумусового профиля увеличивается. После мелиорации возможно почти полное восстановление почв.

Такие воды не рекомендуется использовать для орошения черноземов. Почвы каштановой и бурой пустынно-степной зон содержат большой резерв кальция и более устойчивы к негативному воздействию таких вод.

Ситуация 2б. Напряженная. Поверхностно-вторично-солонцевато-засоленные почвы. Воды Cl-Na состава с минерализацией 1-4 г/л, отношение Na^+ к Ca^{2+} (в мг-экв) 3-5, pH 8-9, повышенная щелочность. Без предварительного улучшения для орошения черноземов и **КЗ** эти воды использовать нельзя. Они приводят к поверхностному осолонцеванию после 1-2 лет ирригации, которое затем распространяется в нижележащие горизонты. Отмеча-

ется физическая деградация почв, особенно интенсивная в верхней части **гор. Апах**: глыбистость, уплотнение (до 1,3-1,5 г/см³), потеря структуры, снижение фильтрации, образование корки. Из-за увеличения подвижности органоминеральной плазмы под влиянием натрия образуются два вида поверхностной корки: черная глянцевая, обогащенная гумусо-глинистой плазмой, формируется в микропонижениях и более распространенная белесая корка, состоящая из пылеватых зерен (Евдокимова и др., 1988; Тортик, 1992).

Изменение ориентации пор от случайно-вертикальной до упорядоченно-горизонтальной предлагается использовать для диагностики вторичного осолонцевания **гор. Апах** орошаемых черноземов (Турсина, 1988; Скворцова и др., 1990). В этих условиях сильно увеличивается подвижность гумуса и глинистых минералов. Появляется оптическая ориентация глинистой плазмы в местах потери гумуса (Турсина, 1988). Натрий и щелочная среда способствуют трансформации разбухающих глинистых минералов в супердисперсное состояние, облегчающее их миграцию и разрушение, а также накоплению минералов с жесткими кристаллическими решетками (Чижикова, Градусов, 1972). Закономерности солевого режима близки к ситуации 2а.

Опыт использования таких вод показал, что наиболее эффективным является метод одновременной мелиорации почв и улучшения вод: гипсование, использование кислоты с карбонатами, а также внесение кальциевых удобрений (Хохленко, 1988; Балюк, 1996). Однако полностью устранить отрицательные последствия влияния поливов этими водами не удастся.

В России 8% земель орошается водами с минерализацией более 1 г/л, из них — 5% с концентрацией 1-2, 3% — более 2 г/л (Кадастр, 1993). Распределяются они крайне неравномерно. На восемь регионов приходится около 90% всего объема неблагоприятных оросительных вод. В этих районах значительно увеличивается доля земель, поливаемых некондиционными водами. Так в Калмыкии она составляет 50%, в Ростовской области — 40%, Белгородской области, Ставропольском крае — приблизительно 23%, в Челябинской, Волгоградской областях, Краснодарском и Алтайском краях — 10-14%.

Приемы мелиорации способствуют частичной ретрансформации почв.

Ситуация 3. Катастрофическая. Вторично-глинистые с преобразованием во вторично-слитые почвы. Орошение тяжелосуглинистых и глинистых почв может приводить к увеличению ила и коллоидов. Механизм образования ила описан в ситуации 1.

Поливы щелочными водами могут ускорять оглинивание. Процесс протекает медленно, проявляется через 20-50 лет, но он необратим. Достоверных сведений о превращении вторично-оглинистых почв во вторично-слитые или о формировании слитых почв под влиянием орошения мало. Чаще отмечается формирование глубинно-слитых почв. Тогда как нередко переуплотнение и глыбистость структуры в гор. Апах орошаемых почв называют слитизацией. При этом в профиле отсутствуют сликенсайды и сдвиговые смещения блоков почвы относительно друг друга. Эти признаки являются диагностическими критериями слитой почвы и могут развиваться за 15-25 лет (Козловский, Целищева, 1986; Хитров, 1995). Этими исследователями разработаны количественные критерии оценки процессов слитогенеза в почвах. Переуплотненные почвы без наличия поверхностей скольжения предлагается называть техногенно-глыбистыми (Хитров, 1995).

Меры восстановления слитых почв не разработаны. Нередко слитогенез сочетается с засолением, осолонцеванием, оглеением. Нужна разработка специальных приемов для мелиорации таких почв. Обратная трансформация невозможна.

Автоморфная обстановка, сменяющаяся в результате орошения гидроморфными условиями

Ситуация 4. Катастрофическая. Вторично-глинистые с преобразованием во вторично-луговые слитые почвы. Процесс слитогенеза может возникать и при создании гидроморфных условий. Очевидно слитизация более вероятна при близком уровне слабоминерализованных ГВ, особенно в присутствии Na и повышенной щелочности. При этом начинает проявляться процесс осолонцевания. Начальная стадия развития осолонцевания интенсифицирует слитогенез в результате усиления набухания и облегчения формирования сликенсайдов, тогда как в полноразвитых солонцах происходит разрушение смектитовых глинистых минералов, что должно ослаблять слитизацию почв (Хитров, 1995).

Под влиянием ионов натрия, содержащихся в близких ГВ, возрастает супердисперсность лабильных глинистых минералов в поверхностных горизонтах почв. Они необратимо цементируют поры, закрывают трещины, приводят к консолидации почв. Меры восстановления таких почв не разработаны.

Ситуация 5. Напряженная. Вторично-луговые почвы. Поливы водой хорошего качества автоморфных незасоленных почв с последующим подъемом уровня пресных ГВ. Институтами системы

Гипроводхоз прогнозируется подъем уровня ГВ на 80-90% орошаемых площадей степной зоны. Скорость их подъема составляет 0,3-1,5 м. В зависимости от степени дренированности территории, первоначального уровня залегания ГВ, проходит от 3 до 100 лет до подъема ГВ до критического уровня (1,5-2 м). Если почвы не засолены, то при подъеме ГВ с минерализацией меньше 3 г/л создаются условия для сублиригации растений. Формирующаяся гидроморфная обстановка способствует длительному периоду переувлажнения почв весной, развитию восстановительных процессов, затрудненной аэрации почв. Это с большей интенсивностью, чем в автоморфных условиях, приводит к физической деградации почв, особенно тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Возможна более усиленная дезинтеграция пылеватых частиц и накопление ила. А также более интенсивные трансформационные изменения минералов. Изменение количественного и качественного состава гумуса близко к направлению его трансформации в автоморфных условиях.

Если пресные ГВ не поднимаются выше 2 м в течение вегетационного сезона, то создаются благоприятные условия для развития растений. Если уровень ГВ поднимается выше 1,2-1,5 м, то отмечается заболачивание и ухудшение экологической обстановки.

Ситуация 6. Конфликтная. Вторично-солонцевато-засоленные почвы. При подъеме к поверхности ГВ с минерализацией больше 3 г/л к рассмотренным выше процессам деградации присоединяется вторичное засоление и осолонцевание. Вторичное засоление имеет тот же химизм, что и природное, но развивается с большей скоростью. Вначале образуются вторично-глубокозасоленные и осолонцеватые почвы, а затем засоляется весь почвенный профиль. Не отмечается поверхностного ощелачивания и осолонцевания почв в результате вторичного засоления при накоплении в гор. Апах CaCO_3 или гипса (Ковда, 1946; Минашина, 1970). Чем больше физическое испарение и выше концентрация ГВ, тем быстрее формируются вторично-засоленные почвы.

Для предотвращения вторичного засоления необходим инженерный дренаж. При функционировании дренажа на большей части территории создается ирригационно-промывной тип водного режима. Наряду с вымыванием солей, происходит вынос питательных веществ, пестицидов, гумуса в коллекторно-дренажный сток, который чаще всего без очистки сбрасывается в реки, загрязняя их. Отрицательный баланс кальция в верхних горизонтах почв сопровождается повышением щелочности и увеличением количества обменного натрия.

Дренажем оборудовано 20% орошаемых земель степной зоны. Площадь почв с уровнем залегания ГВ 1-2 м составляет 19%, с уровнем 2-3 м — 18%. На части ирригационного фонда необходимо строительство дренажа. Особенно остро вопрос с дренажем стоит в Дагестане и южном Поволжье.

Дренаж приводит к трансформации почв во вторично-луговые.

Ситуация 7. Напряженная. Поверхностно-вторично-солонцевато-засоленные почвы. Ситуация 8. Конфликтная. Вторично-поверхностно-солонцевато-засоленные почвы. Эти ситуации близки к С 5, 6, только поливы минерализованными водами и подъем концентрированных ГВ быстрее приводят ко вторичному засолению и осолонцеванию почв. Приемы мелиораций и дренажа через различные стадии трансформации приводят к формированию вторично-луговых почв.

Засоленные почвы

Ситуации 9. Конфликтная. Ситуация 10. Аналогична ситуации 9, но без дренажа. В орошение пресными водами вовлекаются автоморфные засоленные почвы. Поэтому, если уровень ГВ залегает глубже 10-15 м, возможно орошение этих почв без дренажа с использованием промывок и выращиванием солеустойчивых культур первые 10-15 лет, а если ГВ глубже 20 м, то — 15-30 лет. В случае залегания ГВ на глубине 30-40 м орошение возможно проводить без дренажа (С 10), потому, что до подъема уровня ГВ к поверхности, почвы успевают опресниться от токсичных солей, и формирующиеся ГВ постоянно пополняются пресными водами. Строительство дренажа требуется вести одновременно с созданием ОС при условии залегания ГВ ближе 10 м от поверхности. В автоморфную фазу идет рассоление почв. В ходе ирригации почвы трансформируются во вторично-луговые.

Ситуация 11. Конфликтная. Ситуация 12. Кризисная. Они близки к двум предыдущим, но поливы проводятся минерализованными водами. Такие ситуации складываются в основном в сухостепной зоне с большим резервом кальция в почвах, поэтому негативное влияние поливных вод меньше сказывается на почвах. В первый период вынос легкорастворимых солей идет даже с большей интенсивностью, чем при поливе пресными водами (Новикова, 1975).

Гидроморфные условия

Ситуация 13. Удовлетворительная. Луговые или аллювиальные незасоленные почвы поливаются пресной водой. Ситуация 14. На-

пряженная. Она складываются в тех же почвах, но при поливах минерализованной водой. При орошении пресными водами их функционирование почти не изменяется, а при поливах слабо-минерализованными водами возможно поверхностное осолонцевание.

Ситуации 15. Луговые засоленные или гидроморфные солончаки.
Ситуация 16. Конфликтная. Те же почвы, но при поливах минерализованными водами. Вовлечение в ирригацию гидроморфных засоленных почв требует комплексных мер мелиорации. Особенно сложной и дорогостоящей является мелиорация глинистых засоленных почв, так как обычно они содержат сильноуплотненный слой в пределах первого метра. Наиболее эффективны следующие мелиоративные мероприятия: промывки на фоне глубокого рыхления (70-80 см), сооружение системы глубокого дренажа, использование химических мелиорантов (гипс с подкислителями, концентрированная серная кислота), применение 20-30 т/га навоза, внесение минеральных удобрений, посев люцерны и других солеустойчивых культур в начальный период мелиорации. Увеличение промывных норм не дает эффекта из-за резкого снижения фильтрации и появления солонцеватости (Алиев, Мамедов, 1978). После мелиорации и дренажа почвы трансформируются в луговые.

Ситуация 1-16. Конфликтная. Вторично-заболоченные почвы. Во всех рассмотренных выше ситуациях вдоль оросительных каналов (особенно, если они сделаны в возвышающихся насыпях) и в депрессиях отмечается переувлажнение, а затем заболачивание. Ухудшается водно-воздушный режим, резко нарушается природное равновесие, замедляются скорости разложения ОВ, начинается оглеение, поселяются гигрофиты, становится невозможной обработка почв и производство продукции земледелия. При строительстве дренажа и облицовке каналов почвы трансформируются во вторично-луговые.

6.3. Особенности ирригации степных почв различного типа

Наиболее устойчивы черноземы обыкновенные, каштановые почвы высоких плато и террас Заволжья.

Ф. И. Козловский, 1991. С. 166.

Зонально-региональное разнообразие почв недостаточно учитывалось при проектировании оросительных систем. Необходимость его учета все больше возрастает в связи с увеличивающейся деградацией поливных земель, снижением урожаев.

Типичные и обыкновенные черноземы. Характеризуются наивысшим естественным плодородием, наименее подвержены средним и сильным засухам. Агротехническими мерами и использованием удобрений возможно повышение урожаев зерновых в 1,5 раза, а применением орошения еще — в 1,1-1,2 раза. Из-за низких резервов кальция в поверхностных горизонтах и глубокого залегания карбонатного горизонта эти почвы имеют самую низкую устойчивость среди почв степной зоны. Это проявляется, прежде всего, в их склонности к осолонцеванию, даже при поливах водой высокого качества. Чем выше минерализация и чем больше величина отношения Na к Ca в поливных водах, тем быстрее термодинамический потенциал почв приходит в равновесие с поливной водой, и тем, выше степень осолонцевания и ощелачивания почв. Это приводит к увеличению диспергированности и ухудшению качества гумуса и супердисперсности глинистых минералов, увеличению их миграции и разрушению. Следствием этих процессов наряду с механическим воздействием тяжелой сельскохозяйственной техники является быстрая физическая деградация и обесструктурирование. Возросшая микробиологическая активность при небольшой прибавке урожаев под влиянием орошения приводит к потере гумуса. Процессы деградации черноземов усиливаются в гидроморфной обстановке, создающейся в процессе ирригации.

Небольшое увеличение урожаев при орошении, наличие резервов повышения урожаев в сухом земледелии методами агротехники, низкая устойчивость почв к дополнительному увлажнению, большие затраты на орошение делают мало эффективными широкое орошение зерновых на этих черноземах, более рентабельно полив кормовых культур и кукурузы.

Значительные площади орошаемых обыкновенных и типичных черноземов имеются в Центрально-Черноземном районе, на Северном Кавказе и меньшие в Поволжье и Сибири. Прибавки урожаев от орошения уменьшаются при движении в этом ряду, что определяется уменьшением плодородия и менее благоприятными климатическими параметрами.

Необходимо сосредоточить силы и средства на рационализации и реконструкции построенных оросительных систем и на отработке такой технологии водоиспользования и орошаемого земледелия, которые позволили бы получать экономически оправданные урожаи зерна порядка 6-12 т/га и исключали бы ухудшение плодородия почв. Схема организации орошаемого производства детально разработана В. А. Ковдой и др. (1983, 1986). Поливы в степях должны быть дополнительными к

атмосферным осадкам и проводится только по действительной потребности почв и растений для получения высокого урожая. Такое орошение черноземов, вероятно, будет возможно в будущем и к этому году необходимо готовиться уже теперь на построенных ранее оросительных системах, поднимая их продуктивность.

Южные черноземы, темно-каштановые и каштановые почвы, особенно две первые группы почв, характеризуются высоким естественным плодородием, однако, продуктивность этих почв лимитируется летне-осенним дефицитом влаги. Сильные и средние засухи повторяются 2-4 раза за 10 лет. Земледелие, особенно на каштановых почвах, ведется на грани риска. Повышение урожаев агротехническими методами ограничено коэффициентом 1,3. Прибавка урожаев зерновых культур от орошения достигает 1,5-3,0 раза, составляя 2,5-2,8 т/га.

Почвы имеют большой запас различных форм кальция, что делает их более устойчивыми при дополнительном увлажнении. Но в гидроморфных условиях при наличии в ГВ натрия, возможно появление супердисперсности у лабильных минералов, потеря глинистых минералов, ухудшение микро- и макроструктуры, увеличение подвижности гумуса. В ряду этих почв возрастает опасность вторичного засоления при быстром подъеме грунтовых вод и высокой их минерализации.

Должны орошаться незасоленные почвы. Необходимы поливы, дополнительные к атмосферному увлажнению. Оросительные системы должны быть лабильными.

Выявлена необходимость поддержания в почвах ирригационно-автоморфного режима почвообразования, обеспечивающего устойчивый солевой режим динамического равновесия. Это позволяет рекомендовать способы орошения, обеспечивающие глубину увлажнения, в которой сосредоточено 85% корней растений.

Светло-каштановые и бурые пустынно-степные почвы с солонцовыми комплексами. Число лет с сильными и средними засухами больше 5 в течение 10 лет. Орошение этих почв — основа земледелия. Цель орошения обеспечение управляемого водно-солевого и питательного режима растений. Во избежание подъема ГВ и засоления почв необходимы: закрытая сеть каналов, исключая фильтрацию; дренаж, обеспечивающий удержание грунтовых вод на глубине 2,5-3 м; капитальные промывки засоленных почв и регулярные вегетационные поливы с дренажным водоотводом, выращивание солеустойчивых растений. Необходимы полная мелиорация солонцов и создание гомогенного кор-необитаемого слоя.

Наиболее предпочтительно вовлечение в орошение *среднесуглинистых* почв, они имеют высокое естественное плодородие и менее подвержены физической деградации, обладают хорошей фильтрацией, водоудерживающей способностью аэрацией, и в них меньше развиваются восстановительные процессы при кратковременном переувлажнении. *Тяжелосуглинистые и глинистые* почвы в большей степени, чем почвы другого гранулометрического состава деградируют при орошении, затрудняется их обработка и увеличиваются финансовые затраты на их восстановление. *Легкосуглинистые* почвы обладают меньшим естественным плодородием, худшей структурой, меньшим содержанием гумуса. Вовлечение их в орошение благоприятно влияет на структурное состояние, происходит разуплотнение, быстрое рассоление. Необходимы меры по уменьшению потери воды на инфильтрацию, гумусосберегающие мероприятия.

Чем ариднее почва, чем больше изменяется ее природный режим влажности и удлиняется вегетационный период, тем больше ускоряется почвообразовательный процесс и тем больше трансформируется почва под влиянием орошения.

Исследования в *Поволжье* показали, что благодаря высокому качеству поливной воды и орошению в основном почв с высоким кальциевым потенциалом, они менее подвержены процессам деградации по сравнению с почвами других регионов степной зоны.

6.4. Деградация почв и меры их восстановления

После мелиоративных воздействий почвы улучшаются, но не возвращаются к таким, какими они были до агротехнической деградации.

С. В. Зонн, А. П. Травлеев, 1990. С. 158.

Засоление, осолонцевание, подщелачивание, переувлажнение, уплотнение (реже слитизация), ирригационная эрозия, заиливание, коркообразование, ухудшение физических свойств и почвенной структуры, уменьшение содержания гумуса, карбонатов и проницаемости — главные проблемы деградации, ассоциирующиеся с орошением (региональная опасность). Кроме того, деградация почв приводит к увеличению выщелачивания солей, удобрений, веществ токсикантов в ГВ, реки, океаны, что нарушает их природное равновесие и ведет к недопустимому загрязнению (общепланетарная опасность).

Дополнительная подача воды даже хорошего качества, если она не сопровождается другими мелиорациями и внесением средств поддержания плодородия почв, приводит к их деградации.

Процессы деградации почв общие для всех ситуаций:

1. Усиленная инфильтрация поливной воды через такие легкопроводящие пути, как трещины, микро- и макродепрессии, усиливает миграцию различных веществ за пределы почвенного профиля и приводит к подъему ГВ.

2. Снижение проницаемости воды в почву и уменьшение скорости движения через нее способствуют возникновению поверхностного стока и являются одной из причин ирригационной эрозии, приводят к недостатку воды для растений; тогда как при поливах напуском длительное стояние воды на поверхности ведет к интенсификации деградации почв и болезням растений.

Процессы деградации почв общие для всех ситуаций при нерациональном хозяйствовании:

3. Ухудшение агрофизических свойств, уплотнение, слитизация.
4. Коркообразование, заиливание.
5. Уменьшение содержания гумуса.
6. Обессоливание, ощелачивание.
7. Деструктурирование, ухудшение микро- и макроструктуры, уменьшение водопрочности агрегатов,

Процессы деградации почв для ситуаций при поливе минерализованными водами и подъеме уровня минерализованных ГВ:

8. Вторичное осолонцевание и засоление.
9. Усиление разрушения минералов и их миграции
10. Ухудшение качества гумуса, увеличение степени его диспергации и подвижности.
11. Вынос кальция и его соединений.

Процессы деградации почв при заболачивании:

12. Затрудненная аэрация, появление H_2S .
13. Замедление разложения ОВ.
14. Оглеение.

Оценка всех видов деградации почв при орошении является трудной задачей, так как наукой не накоплено еще достаточных фактов для полной оценки деградации почв.

Каковы причины развития процессов деградации почв при орошении?

Их несколько, включая:

1. Природные. Можно отметить следующие природные почвенные предпосылки развития процессов деградации: тяжелосуглинистый и глинистый гранулометрический состав, преобладание монтмориллонита среди глинистых минералов, небольшое содержание гумуса, низкая противосолонцовая буферность почв (активность кальция почвенного раствора меньше 6 мг-экв/л, отсутствие CaCO_3 в слое 0-0,5 м), наличие обменного натрия, токсичных солей, тяжелых металлов на небольшой глубине, залегание в почвенном профиле и грунтовой толще токсичных горизонтов (солевой, глеевый, сульфидный) и высокоуплотненных слоев (поверхностная корка, плужная подошва, солонцовый, глинистый, карбонатный, конкреционный). Кроме того, природными особенностями, способствующими деградации почв, являются: слабая дренированность территории, неглубокое подстиление аномально глинистыми породами, близкое залегание грунтовых вод, подверженность пород явлениям тиксотропии и карсту, поливы на участках с уклонами более 0,005. Отрицательными факторами являются также присутствие микро- и макропонижений в рельефе местности, анизотропия воднофизических свойств, наличие трещин, блоковость строения почвенного покрова, усиливающих инфильтрацию поливных вод.

В ряде случаев недоучет при проектировании оросительных систем специфики естественной эволюции почв и истории развития территории могут усиливать деградацию почв. С увеличением сроков ирригации неблагоприятные природные процессы могут интенсифицироваться или появляться там, где до орошения они отсутствовали. С большей скоростью они протекают при поливах минерализованными или пресными водами неудовлетворительного качества.

2. Организационно-технологические: несовершенство и неудовлетворительное состояние ирригационной сети, нерациональные эксплуатация и водопользование, ошибки и просчеты при проектировании и строительстве ОС, высокое уплотняющее действие тяжелой сельскохозяйственной техники, недостаточное внесение органических и минеральных макро- и микроудобрений, а также гипса и других веществ — почвоулучшителей и структурообразователей. Кроме того, несовершенные поливальные установки подают воду с высокой интенсивностью и слишком крупными каплями, что приводит к разрушению структуры почв и образованию слабоводопроницаемой почвенной корки. Необосно-

ванная структура севооборотов и неудовлетворительная организация ландшафтов, избыточная степень распаханности.

3. Экономические: высокая стоимость опреснения засоленных поливных вод, современных методов орошения и поддержания плодородия почв, отсутствие и дороговизна дренажных систем, планировок поверхности и способов контроля объемов поданной воды, недостаточное финансирование мелиорации в целом.

4. Социальные: отсутствие опыта поливов у населения и заинтересованности в результатах своего труда, нехватка квалифицированных специалистов и плохая закрепляемость населения на вновь осваиваемых орошаемых землях из-за неудовлетворительных условий жизни.

Деграционные процессы бывают обратимыми, частично обратимыми, и необратимыми. Большинство видов деградации почв может устраняться различными мелиоративными и агрохимическими приемами. Однако полное возвращение в первоначальное состояние невозможно. Реградация зависит от степени и вида деградации и осуществляется через различные стадии, приводящие к восстановлению почв. Наиболее трудно устраняемой является слитость почв. Это связано с тем, что причины слитости многообразны и до конца не изучены.

Различают несколько стадий деградации почв от трех (сильная, средняя, слабая) до шести (Зонн, Травлеев, 1979; Козловский, 1991). Слабую ее степень легче и дешевле устранить, чем сильную степень деградации. При выявлении очень сильной степени деградации необходимо ответить на три вопроса (для разработки мер управления их плодородием): предотвратить, "жить с" почвенной деградацией или отказаться от орошения. Восстановление таких почв требует больших капиталовложений.

МЕРЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ

Общие для всех ситуаций:

1. Рационализация водопользования (режим орошения с минимальными нормами полива (до $300 \text{ м}^3/\text{га}$), увлажнение исходя из расчетного слоя, в котором сосредоточено 85% корней выращиваемых растений, и в зависимости от фенофазы их развития; проведение освежительных поливов нормой $50\text{--}70 \text{ м}^3/\text{га}$, нивелировка поверхности один раз в ротацию, повышение предполивной влажности).

2. Техническое совершенствование оросительной техники, оросительных систем.

3. Противозерозионные приемы, первый путь: уменьшение диаметра и скорости падения капель искусственного дождя, снижение эродирующей способности потоков воды; второй путь (увеличение противозерозионной стойкости почв) предварительный полив малыми нормами, зяблевая вспашка, щелевание, мульчирование поверхности соломой (2 т/га), разрушение поверхностной корки (боронование и использование ротационной мотыги), прерывное бороздование (на склонах крутизной до 6°), полосное размещение культур (на склонах крутизной 6-12°).

4. Меры, снижающие уплотняющее действие техники: конструирование новых агрегатов с низким давлением на почву и применение приспособлений к существующей технике, уменьшающих консолидацию почв (сдваивание или расширение колес тракторов, снижение давления в шинах), уменьшение числа и увеличение скорости проходов техники по полям за счет использования широкозахватных и комбинированных агрегатов с выдвигающимися приспособлениями, введение технологических колес и внесение по ним повышенных доз навоза.

5. Применение набора научно обоснованных приемов агротехники (разноглубинная и плантажная вспашка, чизелевание, фрезерование, плоскорезная и комбинированная обработка почв, боронование лапчатыми боровами, щелевание, дискование и др.) и перенос части ранневесенних обработок, вызывающих уплотнение, на осенний период.

6. Меры для повышения устойчивости почв и улучшения структуры: повышение резерва кальция (применение мелиорантов и удобрений, содержащих кальций), использование структурообразователей, лигнина, мульчирование поверхности почвы.

7. Мероприятия по поддержанию положительного баланса гумуса: внесение органических и минеральных макро- и микроудобрений (в том числе комплексантов), применение соломы, торфа, сапропелей, максимальное оставление растительных остатков на полях, посев многолетних трав и запашка промежуточных культур, повышение индекса использования поливной пашни.

При орошении засоленных почв и при подъеме к поверхности минерализованных ГВ:

8. Дренаж.

9. Промывки.

10. Са-, Н- и Fe- мелиорации.

При поливах минерализованными водами:

9. Промывки.
10. Са-, Н- и Fe- мелиорации.
11. Разбавление пресными водами.
12. Выращивание солеустойчивых растений и полное отчуждение с полей их биомассы.

6.5. Основы ирригационного мониторинга орошаемых площадей

Есть необходимость разработки оценки ущерба от избытка воды и ее высокой минерализации. Для этого требуется создание специальной сети ирригационного мониторинга.

И. А. Крупеников. 1992. С. 235.

Организация мониторинга на орошаемых землях одна из задач многоцелевого мониторинга природной среды. Его задачей является выявление и предотвращение процессов деградации и загрязнения почв, вод и сельскохозяйственной продукции пестицидами, ядохимикатами, удобрениями, тяжелыми металлами, радионуклидами с целью улучшения жизни людей, предотвращения заболеваний. Целями ирригационного мониторинга являются:

1. Диагностика состояния почв (сбор и обработка данных о солевом, водном и тепловом режимах); динамика морфологии, уплотнения, ощелачивания, осолонцевания, структурного состояния, содержания и изменения запасов гумуса, обеспеченности питательными веществами, скорости эрозионных и просадочных процессов, загрязнения различными поллютантами); атмосферных, поверхностных, оросительных, грунтовых, дренажных вод (количество, минерализация, химизм, загрязненность, режим); сельскохозяйственной продукции (качество, интоксикация, увеличение ее количество по сравнению с неорошаемыми землями).

2. Нормирование режима орошения, нагрузок, миграции.

3. Прогнозирование изменений агроландшафтов, почв и вод.

4. Управление — разработка мероприятий, направленных на охрану ландшафтов, получение высококачественного продукции, повышение плодородия почв, биопродуктивности агроценозов и экономической эффективности орошения.

В сеть ирригационного мониторинга необходимо включить:

— имеющиеся ГГМП, которые могут быть основным звеном мониторинга на поливных угодьях. Они проводят слежение на орошаемых и прилегающих почвах за уровнем и минерализацией ГВ, качеством поливных и дренажных вод, осуществляют картирование земель по степени засоления и солонцеватости, следят за изменением некоторых почвенных параметров на экспериментальных участках;

— существующие опытные станции с длительным опытом наблюдения за изменением почвенных свойств при орошении;

— часть участков Геосети ВИАУ, на которых проводится изучение систем удобрений сельскохозяйственных культур на орошаемых землях;

— сеть метеорологических постов и станций, располагающихся вблизи оросительных систем.

В банк по состоянию орошаемых земель следует занести результаты регулярных агрохимических и почвенных обследований. Необходимо также использовать данные водно-балансовых станций, статуправлений, санэпидемстанций, службы защиты растений.

Из вышеперечисленного видно, что имеющаяся инфраструктура может быть положена в основу проведения ирригационного мониторинга. Необходимо финансирование этих служб, чтобы слежение продолжалось. Главной задачей в настоящее время является объединение данных по орошению, накопленных разными службами, в единый банк. В будущем с созданием службы почвенного мониторинга, инфраструктура ирригационного мониторинга может быть расширена.

Сеть наблюдений необходимо распределять в приканальной, центральной и периферийной зонах орошения и на прилегающих участках богары, а также в местах, наиболее подверженных деградации (понижениях, эрозионно-опасных склонах, местах сброса вод, массивах с просадочными явлениями, на засоленных и солонцеватых почвах и т.п.). Необходимо создать новые стационары (для проведения более комплексного слежения), входящие составной частью в геосистемный и агроценотический мониторинг. Местонахождение этих стационаров необходимо выбрать так, чтобы они могли характеризовать действующие почвенные и гидрохимические процессы, протекающие на трех иерархических уровнях: локальном, региональном и глобальном.

Говоря о максимально возможном мониторинге нужно отметить, что необходимо осуществлять контроль за всеми показателями, которые изменяются под влиянием орошения почв. Это возможно сделать только на некоторых экспериментальных

станциях. ГМП производят контроль в минимальном объеме: сезонное слежение за влажностью, минерализацией, составом и УГВ, исследование динамики засоления почв на закрепленных площадях весной и осенью, иногда раньше определялось содержание гумуса. Необходимо возобновить эти работы. Осуществляется обследование степени засоления, осолонцевания, подтопление орошаемых почв, слежение за содержанием основных (НРК) питательных элементов. В минимальный объем контроля необходимо добавить следующие определения: плотность, структурные показатели почв, ОВП, фитотоксичность (определение числа проростков и подавления их роста), степени загрязнения гор. Апах (и более глубоких горизонтов в случае плантажной вспашки) тяжелыми металлами и другими токсикантами (при их использовании на орошаемой пашне), слежение за ирригационной эрозией на склонах (изменение мощности гумусового профиля, величины стока).

Нужны новые экспресс-методы определения репрезентативных показателей, необходимо разработать интегральные показатели, пределы допустимых отклонений от природных ритмов основных почвенных признаков и оптимальные их параметры в зависимости от уровня плодородия и степени окультуренности почв, найти оперативные способы заблаговременного прогноза негативных последствий орошения, провести паспортизацию почв, автоматизировать сбор и обработку информации.

Вся информация должна храниться, обрабатываться и обобщаться в компьютерном центре методом ГИС-технологий и выдаваться преимущественно в виде программ, моделей и банка данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью оросительных мелиораций в степной зоне является стабилизация сельскохозяйственного производства за счет повышения урожаев возделываемых культур и создание зон гарантированного производства продукции растениеводства. Достичь программированной величины урожаев на большинстве площадей не удалось. Только в острозасушливые годы в сухостепной зоне орошение является единственным гарантированным источником получения продукции земледелия. Здесь такие годы повторяются более трех раз в течение 10 лет. Невысокий уровень поливного земледелия обусловлен, с одной стороны, общим низким уровнем сельскохозяйственного производства, с другой стороны, связан с отсутствием комплексной системы мероприятий, со слабым внедрением научных сельскохозяйственных и технических разработок в практику аграрного производства. При существующем его уровне с увеличением длительности ирригации в степной зоне остро встанет проблема деградации поливных земель и увеличения антропогенного пресса на окружающую среду в целом.

Принципиальная *осуществимость целей орошения достижима*, но для этого нужно значительно увеличить финансирование сельскохозяйственного производства, повысить профессиональное и экологическое образование и заинтересованность работников в результатах своего труда. По расчетам специалистов, чтобы поднять уровень аграрного производства необходимо мелиорировать 30-35 млн. га (Полад-Заде, 1994). По-видимому, для сохранения почв и природной среды те или иные виды мелиорации нужны для каждого используемого гектара.

Функционирование орошаемых почв происходит в условиях изменившихся факторов почвообразования. *Особенностями функционирования почв при орошении* являются ирригационно-климатический режим грунтовых вод, увеличение скорости и емкости круговорота органического (гумус) и минерального (углекислые соли) углерода, в основном ухудшение физических

свойств, усиление миграции солей и рассоления в фазу автоморфного режима почв, вторичное засоление и осолонцевание в фазу гидроморфного режима, интенсификация процессов выветривания и трансформации минералов. Скорость и направленность почвенных процессов во многом определяется качеством поливной воды, создавшимся типом водного режима, культурой земледелия, буферными особенностями и устойчивостью почв. При существующей практике орошаемого земледелия черноземы оказались наименее устойчивыми среди степных почв.

Целесообразность орошения тех или иных растений оценивается по экономической эффективности. Выращивание риса, овощей без ирригации невозможно. При высокой культуре земледелия на орошаемых полях урожай трав, кукурузы и овощных культур в 2-4 раза больше, чем на богаре. Следовательно, выращивание их на орошаемых угодьях рентабельно. Кроме того, их возделывание при орошении позволит высвободить часть неполивных земель для зерновых культур. Имеющиеся сорта колосовых культур дают небольшую прибавку урожая от орошения (20-100%). Прогресс орошаемого земледелия невозможен без постоянного улучшения существующих и селекционирования новых сортов сельскохозяйственных растений.

Орошение способствует *усилению миграции* легкорастворимых солей, питательных элементов, гумуса, продуктов распада минералов, удобрений, пестицидов, тяжелых металлов, радионуклидов. Миграционные процессы усиливаются при поливах щелочными и минерализованными водами. В степной зоне при глубоком залегании грунтовых вод и поливах водой с минерализацией меньше 1 г/л (для черноземов меньше 0,5 г/л) почвы сохраняют свою устойчивость. Их аналогами можно назвать почвы сопредельной более северной зоны (или подзоны). Миграция может быть уменьшена за счет более рационального водопользования, технического усовершенствования оросительных систем. Необходимо вносить кальциевые мелиоранты и удобрения для увеличения буферности почв.

Орошаемые почвы степной зоны выделяются на таких *уровнях классификации*, как *род* и *вид*. В автоморфных условиях при поливах водой с минерализацией 1-4 г/л, особенно если в ее составе Na^+ преобладает над Ca^{2+} , формируются поверхностно-вторично-солонцевато-засоленные почвы. В условиях близкого залегания уровня слабоминерализованных ГВ происходит преобразование почв во вторично-луговые, отмечается переувлажнение, в особых условиях при выходе капиллярной каймы на поверхность развиваются вторично-заболоченные почвы. С подъе-

мом минерализованных грунтовых вод связано выделение вторично-глубоко-солонцевато-засоленных почв. Под влиянием Na в поливных или грунтовых водах в почвах возможно увеличение илистой фракции, что приводит к формированию вторично-оглиненных и вторично-слитых почв. Необратимый процесс слитизации может усугубиться появлением супердисперсности у глинистых минералов с лабильной кристаллической решеткой.

При увеличении скорости и емкости биологического круговорота и усилении миграции многих веществ за пределы профиля на поливных землях по-новому должна решаться проблема управляемого обмена веществ в системе *общество — почвы — биосфера*. В частности, выяснение возможностей использования сбросных вод (дренажных, промышленных, городских), решение вопросов применения повышенных доз химических удобрений, пестицидов, отходов промышленности и животноводства. При этом нужно сохранить функцию почвы как планетарной геомембраны (Розанов, 1988).

Несовершенство методов, приемов и техники ирригации в настоящее время налагает особую ответственность за выработку *планов рационального размещения орошаемых земель*, выделение мелиоративного фонда на перспективу. Черноземы, особенно чувствительны к качеству воды, переполивам, изменению водного режима. При этом возможна быстрая потеря их экологической роли как средства воспроизводства экологической среды. Орошается около 3% черноземов от их общей площади. Но это в основном лучшие их аналоги, потеря плодородия которых при орошении — невосполнимый урон.

Таким образом, при выделении мелиоративного фонда необходимо учитывать не только земледельческую функцию почвы, как средства получения достаточного количества сельскохозяйственной продукции, но и экологическую ее функцию в воспроизводстве природной среды и самой почвы.

Следовательно, нужна *сбалансированность между площадями орошения, богары и экологического фонда почв*, которая позволит как регулировать процессы на мелиорированных землях, так и сохранить экологическую устойчивость ландшафтов. Потребуется расширение в изучении влияния орошения на окружающую среду. Необходима разработка критериев допустимого воздействия на почву при орошении с целью сохранения ее плодородия. При развитии планов орошения необходимо также учитывать социальные факторы, такие, как количество населения на вновь осваиваемых территориях, существующий опыт орошения, его культуру. Орошение требует подготовки специалистов, организа-

ции мониторинга почв и окружающей среды. Следует повысить ответственность хозяйственных руководителей за соблюдение мер экологической предосторожности, выполнение природоохранных мероприятий при эксплуатации оросительных систем. В настоящее время мы должны сделать все возможное для повышения продуктивности, сохранения плодородия и экологической функции почв в биосфере.

SUMMARY

The irrigated soils in Russia make up 5.6 mln. ha, occupying 3% of agricultural lands. There are mainly steppe soils. The irrigated area of 0.5 mln. ha is subjected to secondary salinization and solonetzicity, overhumidification and bogging. A purpose of irrigated amelioration in the steppe zone consists of stabilizing the agricultural production, the crop increasing. To reach the programmed volume of crops on the most parts of the area was not to be set as an object. Only during sharp-droughted years in dry steppe zone irrigation is the sole guaranteed source for receiving the agricultural production. Here such years are repeating more than 3 times during 10 years. At an existing irrigation level in the steppe zone, taking into account the terms of irrigation, the problems of irrigated soils degradation as well increasing an anthropogenic load upon the environment are sharply arising.

On accounts of the experts, it's necessary to ameliorate 30-35 mln. ha for increasing the level of agricultural production (Polad-Zade, 1994). As appear, to preserve the soils and environment as a whole different kinds of amelioration are necessary for each used hectare. Irrigation should begin then, when all other opportunities of dry agriculture are settled.

Materials and methods

An impact of irrigation upon the soil condition in the Southern countries of Russia was studied. In the Volga-Riversides countries (in the Povolzh'e) the irrigated area makes up more than 1.5 mln. ha. For the last 25 years it increased by 7 times. Heavy drought repeats in 2-5 years making impossible to collect cereals even for seeds. Soil zonal row: south and ordinary chernozems, dark and light chestnut soils, trinomial solonetz complex, brown desert steppe soils located in different geomorphological conditions was the object under study. The investigated soils have light, medium and heavy loam texture. Irrigation terms number from 10 to 100 years. An influence of irrigation on various soil properties especially on such insufficiently explored ones as humus condition, soil structure, mineralogical composition of coarse and clay fractions were investigated. The total soil mass and various soil structural elements, namely the intercrack and intracrack masses and clay cutans were studied.

Irrigated soils are nature-engineering systems, being ecotons in the environment. The degree of their functioning is determined by a Man. First of all

this is the change of soilforming factors. The irrigation changes hydrothermal parameters. Watering increases total amount of precipitation, received by steppe soils, by 50-100%. Humidity of air grows, temperature of soils and air decreases, costs of heat for evaporation increase. Soils replace to 1-2 hydro-row and mount to hydrorow of sufficient humidifying (Baranovskaya, Azovtsev, 1974). In the steppe zone the irrigation is carried out mainly by a sprinkling method.

The relief change occurs during constructing the irrigational systems (levelling a territory, creating the reservoirs and channels), as at their operation (irrigation erosion, deposits, landslides, suffosion, condensation). The unqualitative levelling a surface, large cut off, uneven distributing a clamp material, sink holes and suffosion phenomenon in loess, formatting the pools, ravines result in deforming a surface, complicating a structure of the soil cover, decreasing the soil fertility. In irrigated soils fermentative activity and total amount of microorganisms are increasing. In irrigated soils owing to creating the favourable water and food modes for microorganisms the rate of mineralization and humification of plant residuals is stabilizing, undesirable after-effects being possible: an intensification of producing the phenol compounds, methane, organic acids by microorganisms especially in anaerobic conditions.

Let us consider a change of physical properties and elementary pedogenic processes, occurring under the effect of changing the soilforming factors during irrigation. Compacting consists of increasing the bulk density of the upper horizons in irrigated clay and loamy soils up to 1.3-1.4 g/cm³. More tight packing of the aggregates under wheel-passing of heavy agricultural machinery, forming a soil crust and a furrow pan are reasons of soil compacting also. Thrombosis and closing of pores and cracks as a result of increasing the low-aggregated clay content and superdispersing the smectite minerals appeared lead to compaction as well. (Danilova et al., 1971; Chizhikova, Gradusov, 1972; Prikhod'ko, Sokolova, 1989). Slitizing is more degree of compacting the complicated soil than above mentioned one (up to 1.6-1.7 g/cm³). It can be explained by hydrophyllizing the colloids, forming the soil polymers highly dispersed as well cementing the microaggregates by soluble components Si, Mg, Al. Chernozems and chestnut soils with great content of finedispersed particles tend to slitization. Under dry condition these soils are characterized by extreme density, massive structure and cracking. The tenacity and plasticity are typical for humid condition.

Degrading the soil micro- and macrostructure under the effect of irrigation has been revealed. Simplificating a structure of microaggregates and increasing a microzonality take place. An expansion of lumpiness together with decrease of water resistance and the amount of agronomic-valuable aggregates have been observed.

Humus condition in irrigated soils is determined by the level of agricultural production and quality of irrigation waters. In the case of good quality, proper management, sufficient application of mineral and organic fertilizers, usage of perennial grasses in the crop rotation (~30%) the content of humus does not change or tends to increasing. Improvement of humus condition is meant:

formation of dark-brown humus microforms, the availability of humic acids (HA) free and Ca-connected, the increase of Cha:Cfa ratio. The diminution of the humus content, the intensification of its migration as well the deterioration of its composition may occur under low management and irrigation with sodic or saline waters.

Forming the carbonates. These conditions lead to leaching of calcium carbonate from the soil profile. Its reserve stays unchangeable under irrigation with sweet water. Sometime CaCO_3 migrates from the lower soil layer to the upper one. The process is favourable for chernozems with deep accumulation of carbonates in the profile.

Overhumidification and bogging. Before irrigation the water table in steppe soils was at the depth of 10-50 m. Groundwaters uprise with the rate of 0.3-1 m per year. The water rises up with higher rate near the irrigation channels and on the area watering from an open network, where the water loss numbers more than 60%. Here unfavourable changes such as resalinization, over-humidity, bogging up, erosion, solution sinkholes are observed. In the soils with higher humidity the water-air regime deteriorates, the content of O_2 increases, significant amount of CO_2 accumulates, H_2S appears. In bogging soils rate of organic matter decomposition delays, gleying begins to start, agricultural production becomes impossible. In the Volga-Riversides countries 13% of irrigated area is water-logged, 5% of the area is undergone to secondary salinization. That occurs with natural salinization which reaches 16%, in desert steppe zone increasing up to 60-80%.

Secondary salinization. That is determined by salt reserves in soil and ground layers, draining of the territories, zonal-climatic factors. Critical water table is 2-2.5 m for steppe soils and more than 5-7 g/l under mineralization. Soda is more toxic salt.

Changes in mineralogical composition. Irrigation leads to intensified weathering inside the soil profile. In coarse fractions an increase of pelletization of feld spars, a decrease of mica amount, silt desintegration up to the size of clay particles are observed. In the clay fraction of irrigated soils the content of chlorite and swelling minerals decreases due to intensification of their dissolution. The amount of swelling minerals may be diminished as result of migration process. The upper part of irrigated soil is characterized by the increase of illite in clay. Superdispersion of swelling minerals, which is a main feature of the lower horizons and cutans of dry land, extends within the whole profile probably due to the appearance of soil groundwater containing sodium.

The peculiarities of soil changes under the impact of irrigation are as follows: irrigated-climatic regime of groundwaters; the higher rate and capacity of organic (humus) and mineral (carbonate salts) carbon circulation; mainly deteriorating the physical properties and soil structure; migration enhancement of various substances under automorphic regime; secondary salinization and sodic process during hydromorphic regime; intensification of weathering and minerals transformation.

It should note a basic similarity of processes in irrigated and nonirrigated soils. But the functioning of soil occurs in conditions of change of the soil-formation factors, that creates new combinations of processes in soils, which

were not in steppe zone. Pedogenenic process intensifies itself under irrigation by sodic and saline waters, which are used on the area about 0,5 mln. ha. Besides on the irrigation area about 1 mln. ha hydromorphic conditions are created. That results in an appearance of reduction conditions on character of transformation of a clay-mineral plasma and especially elements with variable valence. Approximately the third part of this area is subjected by secondary salinization.

Ecological situations formed during irrigating the soil

The environmental conditions on irrigated soils change in time. Accordingly the soil have endured transformation and passed various stages of development. The situations (S) developed as a result of irrigation and after soil remediation measures are considered (table). The situations are determined by the quality of irrigation water, drainage of the territory, the level occurrence of groundwaters (GW) and their mineralization after a subsidence to the critical depth, types of water and salt regimes, properties of the irrigated soils, locality incline, the degree of microrelief distribution.

In the beginning let us specify the soils formed before the irrigation in automorphic (S. 1-12) and hydromorphic (S. 13-16) conditions. All the soils can be subdivided on saline and nonsaline ones. Further we shall consider the irrigated waters (IrW): with mineralization less than 1 g/l (for chernozems less than 0,5 g/l) and of 1-4 g/l. Separately sodium sulfate and sodium chloride waters are specified among them. As well as for estimating an ecological situation for irrigated soils we use a five-point scale of gradation and same names of situations. The type of water regime determines the name of situation: automorphic or hydromorphic. Finally, an ecological situation, during the formed irrigation is marked.

Nonsaline soils. Automorphic conditions kept for the whole period of irrigation (S. 1, 2, 3)

Situation 1. Satisfactory. When irrigating automorphic nonsaline soils with good quality water automorphic conditions due to a good natural drainage of the territory are held for a long time. The soil of more northern zone or sub-zone is an analogue of the irrigated soil. The same situation can occur in any soil zone. The soils, keeping automorphic regime number 42%, and in the future they will not exceed 10% of the total irrigated area. The soils are mainly nonsaline. The acceleration of soilformation process is becoming apparent as the changes of humus, structure, mineral transformation.

Additional humidifying stimulates a microbiological activity. At sufficient quantity of receipt of plant remains supplied into the soil the humus contents at various time-period irrigation does not change or increase a little, in humus structure the quantity labile fractions of fulvic acid increases at the expense of their new formation. Changing hydromorphic conditions should result in an accumulation of the most stabile components. There are humic acids among humus components. One can observed their accumulation in irrigated soils. As well as transformation of humus acid structure to the more forming the benzoic structures, reducing the labile peripheral fragments (Orlov et al.,

1985). On the most part of irrigation systems humus content decreases, its quality being saved or reducing the humic acids bound with calcium being marked. In the irrigated soils quantity of clay fraction changes, mainly due to the mechanical effect of intensive artificial rain on the soil and destructing the clay minerals. If in *silty* fractions there is a sufficient stock of mica, chlorite or aggregates, containing a clay mineral, and the rate of their disintegration exceeds the rate of destruction and migration of clay minerals, a stock of clay fraction increases. Otherwise reducing the quantity of clay fraction is marked.

Compacting the irrigated soil occurs owing to processing by heavy agricultural machinery. Irrigated automorphic soils in spring because of more snow cover relative to boghara and water supply autumn irrigations stay more humid for a longer period of time as compared to boghara. The processing not on a stage of physical readiness leads to compacting, and in its turn overcompacted soils have a shorter period of physical readiness and minimal stickiness (Medvedev, 1984).

Situation 2a. Tense. Surface-secondary-sodic-saline soils. Irrigated waters with mineralization of 1-4 g/l (for chernozems > 0,5 g/l), SO_4 -Na composition, Na to Ca ratio in mg-equ) 1-5, pH 7,5-8,5. First of all irrigation by such waters causes increasing an alkalinity, water-soluble and exchangeable sodium, restructurizing, compacting, decreasing the filtration rate. The salt regime is of accumulative-pulse character: to the end vegetative period accumulation of soluble salts born by autumn-winter-spring precipitation is marked. Mineralization being higher than 3 g/l, after 15-20 years of irrigation some small accumulations of salts are possible due to evaporations.

In the case of weak natural drainage, small calcium accumulation in the **Ap** horizon, heavy granulometric structure, residual silonetzicity soils are faster subjected to salinization. Absorbed sodium and sporadically formed soda promote dispersing the organo-mineral plasma, that facilitates both alkaline hydrolysis of minerals and migration of them and more mobile sodium salt of humus substances.

In due course when using increased doses of organic fertilizers and gypsum application into soil the intensity of degradation decreases, the content of humus stabilizes.

Such waters are not recommended to be used for irrigation of chernozems. The soils of chestnut and brown desert-steppe zones contain a greater calcium reserve and are more stable against a negative effect of such waters.

Situation 2b. Tense. Surface-secondary-sodic-saline soils. Cl-Na waters with mineralization of 1-4 g/l (for chernozems > 0,5 g/l), Na to Ca (mg-equ) ratio 3-5, pH 8-9, increased alkalinity. These waters to can not be used without preliminary improvement for irrigating the chernozems and chestnut soils. They cause the surface silonetzicity after 1-2 years of irrigation, which is further distributed to lower horizons. The physical degradation of soils, especially intensive in the **Ap** horizon mountains: lumpiness, condensation, structure degradation, decrease of filtration, crust formation.

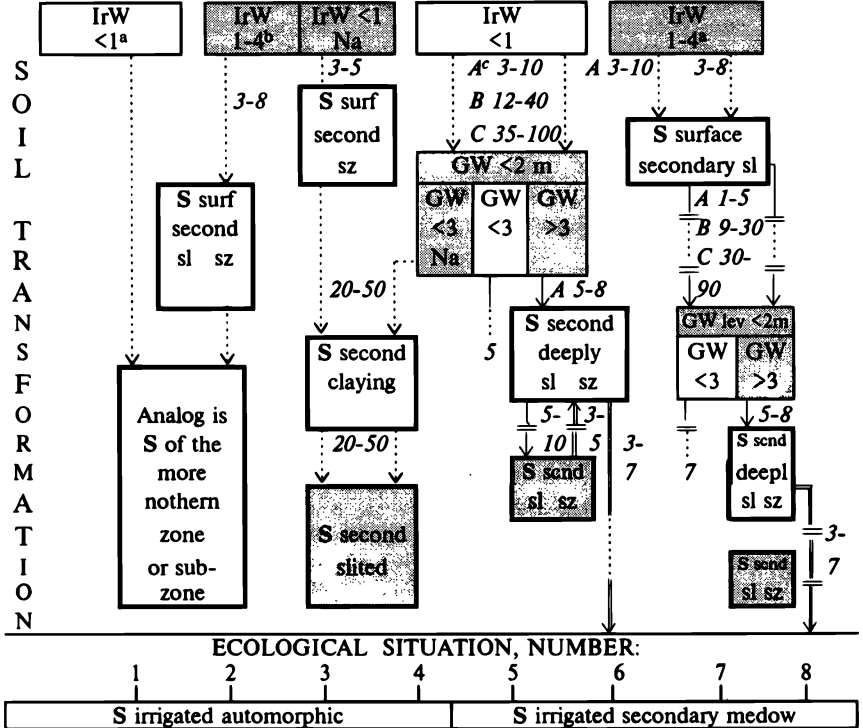
Owing to an increased mobility of organo-mineral plasma under the influence of sodium two kinds of surface crust are made up: black glossy one, enriched by humus-clay plasma, is made up in microdepreations and more

Soil (S) transformation under irrigation

SOILS BEFORE IRRIGATION:

Automorphic nonsaline

IRRIGATION OF SOILS

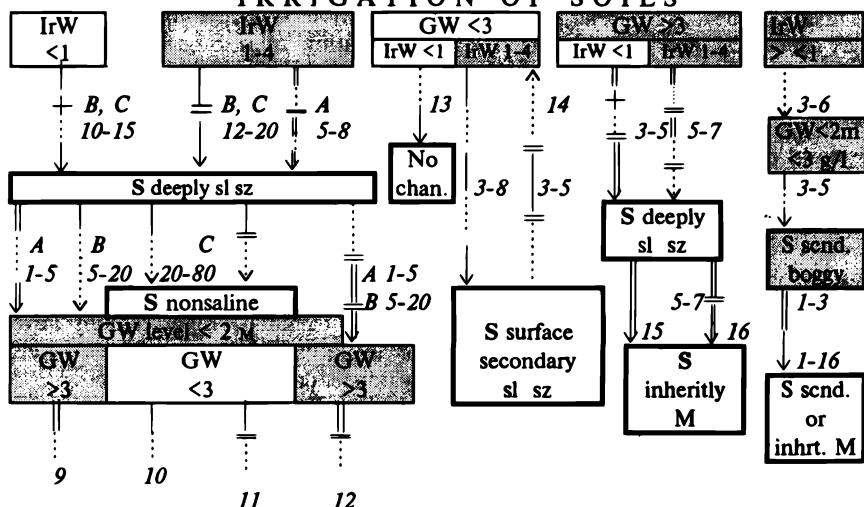


and remediation measures (years)

SOILS BEFORE IRRIGATION:

Automorphic saline	Hydromorphic nonsaline	Hydromorphic saline	Depressions ^d
--------------------	------------------------	---------------------	--------------------------

IRRIGATION OF SOILS



ECOLOGICAL SITUATION, NUMBER:

9	10	11	12	13	14	15	16
S irrigated secondary meadow				S irrigated inheritly meadow			

Soil transformation (years) under:

— irrigation water (IrW);

— groundwater (GW);

— drainage;

+ — leaching;

— Ca-, H-, Fe-meliorations;

a — for chernozems < 0,5 g/l;

b — look explanation in the text;

c — A, B, C — GW table. A — 3-8 m, B — 8-20 m, C — > 20 m;

d — and S along canals;

— ecological danger.

widespread whitish crust consisting of silty fractions (Evdokimova et al., 1988; Tortic, 1992). Change of pores orientation from sporadic - vertical up to regulated horizontal is offered to use for diagnostics of secondary solonchecity in **Ap** horizon of irrigated chernozems (Tursina, 1988; Scvortsova et al., 1990). In these conditions mobility of humus and clay minerals is strongly increased. The optical orientation of clay plasma in places of humus loss occurred (Tursina, 1988). Na and alkaline condition promote transforming the swelling clay minerals into superdispersed state facilitating their migration and destruction as well accumulating the minerals with rigid cristal grids (Chizhikova, Gradusov, 1972). The salt regimes are close to situation 2a.

Experience of using such waters has shown that the most effective is a method of simultaneous amelioration of waters and soils: gypsum application, use of acid with carbonates, as well as applying the calcium fertilizers (Khokhlenko, 1988; Baiyk, 1996). However, negative consequences of irrigation effected by these waters have failed to be avoided completely.

In Russia 8% of the lands is irrigated by waters with mineralization more than 1 g/l, including — 5% with concentration of 1-2, 3% — more than 2 g/l (Cadastr, 1993). Their distribution is extremely irregular. Eight regions have about 90% of the whole volume of adverse irrigation waters. In these regions the role of lands irrigated by substandard waters is considerably increased.

Situation 3. Catastrophic. Secondary clayed soils transforming into secondary slitized ones. Irrigating the heavy loamy and clay soils may result in increasing a content of slit and colloids and formation of secondary clayed soils. The mechanism of slit formation was described in situation 1. Obviously, irrigation by alkaline waters can facilitate claying. The process proceeds slowly and can be seen in 20-50 years, but it is irreversible. There is a few information on a conversion of secondary clayed soils into secondary — slitized or slitization under the influence of irrigation. Formation of depth slitized soils is marked more often. Whereas consolidation and lumpiness of the structure in the **Ap** horizon name "slitization". Thus in the structure sliken-sides and shifts of soil blocks relative one another are absent. These attributes are diagnostic criteria of slitization and can be developed for 15-25 years (Kozlovsky, Tselishcheva, 1986; Khitrov, 1995). The quantitative assessment of slitogenesis in soils have been developed thanks to these researchers. Over-compacted soils without the sliding surfaces are offered to name technogenic-lumpy (Khitrov, 1995).

The restoration measures for slitized soils have not been developed. Frequently slitogenesis is combined with salinization, solonchecity, gleying. For ameliorating such soils it is necessary to develop special measures.

Automorphic conditions changed by hydromorphic ones as a result of irrigation

Situation 4. Catastrophic. Secondary clayed soils transforming into secondary slitized ones. The slitogenesis may arise from creating the hydromorphic conditions. The slitization is more probable when the level of low mineralized groundwaters is close, especially in the presence Na^+ and increased alkalinity. In that case the solonchecitization starts. Its initial stage facilitates the slitogenesis as a result of increased swelling and reduced formation of sliken-

sides, whereas in completely developed alkali soil destruction of clay minerals occurs, that should weaken soil slitization (Khitrov, 1995).

Under the effect of Na^+ -ions contained in shallow groundwater, superdispersion of swelling clay minerals increases in the surface soil horizons. They cement pores irreversibly, close cracks resulting in soil consolidation. The remediation measures for these soils are not developed.

Situation 5. Tense. Secondary meadow soils. Irrigation of automorphic nonsaline soils by the waters of good quality with the subsequent rise of fresh groundwaters. The institutes of Hyprovdokhoz system predict the rise of subsoils water by on 90% on the irrigated areas of steppe zone. The rate of water rise numbers 0,3-1 m/year. Depending on drainage of the territory, initial groundwater level occurrence 3-100 years have passed since the subsoil water rose to the critical level (1,5-2 m). If soils are nonsaline, then the raising of groundwaters with mineralization less than 3 g/l provide conditions for plant subirrigation. Formed hydromorphic conditions results in a long period of soils overhumidity in spring, reduction processes, complicated soil aeration. That leads to a greater degradation of soils as compared to automorphic conditions, especially of clay soils. An intense desintegration of dusty particles and clay accumulation are possible. More intensive mineral transformations can be also marked. The changes of the humus composition, both quantitative and qualitative are close to its transformation in automorphic conditions. If fresh groundwaters do not rise above 2 m during vegetation favourable conditions for plants development are set up. If the groundwaters level is higher than 1,2-1.5 m, swamping or bog formation and deterioration of ecological situation are marked.

Situation 6. Conflicted. Surface-secondary-sodic-saline soils. When groundwaters mineralisation higher than 3 g/l go up to the surface secondary salinization and solonchik joint to degradation processes considered above. Secondary salinization has the same chemical mechanism, as natural one, but develops faster. At the beginning secondary deep saline and sodic soils are formed, and then whole soil profile is subjected to salinization. Surface salinization and alkalization of soils aren't occurred as a result of secondary salinization when CaCO_3 or gypsum accumulating in Ap horizon (Kovda, 1946; Minashina, 1970). The more physical evaporation and higher concentration of groundwaters the faster secondary saline soils are formed. For prevention of secondary salinization an engineering drainage is necessary.

When such draining, on a greater part of the territory the irrigation-washing regime is kept. Alongside with washing (without any purification) of salts, nutrition, pesticides and humus are leaching into collector drainage channel, which often runs into rivers, polluting them. The negative calcium balance in the top soil horizons is followed by increase alkalinity and an increase of exchangeable sodium. 20% of irrigated lands in the steppe zone has drainage. The area of soils with occurrence of groundwaters at 1-2 m depth makes 19%, at 2-3 m — 18%. On a part of irrigation territory the construction of drainage system is necessary. This problem is especially acute in Dagestan and Southern Volga-Riversides countries.

Situation 7. Tense. S. 8. Conflict. Surface-secondary-sodic-saline soils. These situations are close to S. 5, 6 only with exception that irrigation by mineralized water and rise of concentrated groundwaters result in quicker salinization and solonchokity of soils. Under the effect of drainage soils transform through few stages into secondary-meadow ones.

Saline soils. Situation 9. Conflict. Secondary-meadow soils. S. 10. The same as S. 9, but without drainage. Automorphic saline soils are subjected to irrigation. Therefore, if a level of groundwaters deeper than 10-15 m, these soils are possible to be irrigated without drainage with using leachings and growing the salt-resistant plants for the first 10-15 years. In the case of groundwaters deeper than 20 m, their rising period is 15-30 years before construction of drainage. If groundwaters are at a depth of 30-40 m irrigation is possible without drainage (S. 10), since the soils are able to leach from toxic salt before groundwaters rise to the surface, the forming groundwaters being supplemented by fresh waters. The drainage is required to be constructed simultaneously with development of irrigation systems provided that groundwaters are less than 10 m from a surface. The soils are desalinized in automorphic phase.

Situation 11. Conflict. S. 12. Crisis. Secondary-meadow soils. Both situations are close to the mentioned above but the soils are irrigated by mineralized waters. These situations are typical for dry steppe zone with great supply of calcium in the soils. For this reason the soils are little subjected to the negative effect of irrigation waters. At the first period soluble salts are washed out with higher intensity than leaching by fresh waters (Novicova, 1975).

Hydromorphic condition

Situation 13. Satisfactory. S. 14. Tense. Meadow or alluvial soils. Such conditions develop in nonsaline meadow or alluvial soils. When irrigating by fresh waters their functioning does not change. Under irrigation by saline waters surface solonchokity occurs.

Situation 15, 16. Conflict. Meadow saline soils or hydromorphic solonchaks. Such soils, being drawn into irrigation, require the complex measures of ameliorations. The following ameliorative measures are the most effective: leaching and deep plowing (70-80 cm), deep drainage, using the gypsum with acids, application of manure 20-30 t/ha and mineral fertilizers, at the initial period growing of salt-resistant plants.

Situation 17. Conflict. Secondary bogged soils. In all situations lengthways irrigation channels and in depressions on overhumidity and then bogging are marked. Water-air regime deteriorates, rate of organic matter decomposition delays, gleying begins, agricultural production becomes impossible. When constructing the drainage and lining the channels, the soils transform into meadow ones.

Degradation processes general for all situations especially under improper management:

— Intensified infiltration of irrigation waters through preferential flow paths such as cracks, micro- and macrodepressions, increases movement rates

of various substances out of the soil profile and leads to rise of groundwaters.

— On the other hand sealing and crusting decrease the water penetration in the soil and reduce the rate of water movement through it.

— Deterioration of agrophysical properties, including micro- and macrostructure, reduction of aggregate hydrophobicity, compacting, irrigation erosion, crusting, and reduction of humus content.

— Desalination, sodification. Processes of soil degradation when irrigating by saline waters or rising of salt groundwater table:

— Secondary salinity and sodification.

— Increase of destructing the minerals and their migration.

— Deteriorating the humus quality, increasing its degradation degree and mobility.

— Leaching the calcium.

Processes of soil degradation when bogging:

— Poor aeration, H_2S occurrence.

— Decrease of decomposing the organic matter.

— Gleying. The degradations can be various: from slight, practically with no effect on soil functioning and crop yields (less than 10%), up to very severe (catastrophic) when soils lose many of their properties and with crop yields decrease by more than 75-90%. Why does soil degradation develop under irrigation? There are many reasons including:

1. Natural. It is possible to note following soil precondition, being natural, for developing the degradational processes:

clay texture, prevalence of montmorillonite among clay minerals, small humus contents, low soil sodification bufferness (Ca activity in soil solution less than 6 mg-equ/l), absence of $CaCO_3$ in a layer 0-0,5 m, availability exchange natrium, toxic salts, heavy metals at a small depth, presence of toxic horizons (salt, gley) and compaction layers (surface crust, sodic, clay, carbonate, concretion) both in the soil and subsoil thicker.

Moreover natural features, promoting soil degradation, are: presence of micro- and macrodepressions, cracks and blocks in a soil cover that increases the irrigation water infiltration; watering by saline waters or sweet ones with unsatisfactory quality; weak drainability of a territory and shallow level of saline groundwaters, irrigation of plots with gradient more than 0,005.

With greater speed they proceed when irrigating with saline or sweet waters of unsatisfactory quality.

2. Technological: unsatisfactory condition of the irrigation network. Imperfect irrigation installations apply water at too high intensity and too large drops, that results in destructing the soil structure and forming a slowly permeable soil crust. As well when crop rotation structure and organization of landscapes are unreasonable.

3. Economic: the high cost of sweetening the saline waters, of modern methods for irrigation and maintenance of soil fertility, absence of drainage systems, installations for controlling the irrigation water volumes, insufficient financing the amelioration as a whole. Necessity of use cheaper (including flooding) irrigation methods.

4. Social: absence of watering experience at the population and of economic incentives in results of their work.

REMEDATION MEASURES

General for all situations:

— Rational water use (irrigation at the minimum water rate (up to 300 m³/ha), humidifying proceeding from a settlement layer, where 85% root of plants is concentrated and depending on phenophase of development plant; realization of refreshing irrigation by the rate of 50-70 m³/ha.

— Measures, lowering a condensing action of engineering: designing new units, with low load on soils and adapting an existing engineering, reducing a consolidation of soil (dublation or expansion of tractors wheels, decrease of pressure in trunks, reduction of number and increase of speed of passes of an engineering on fields at the expense of use broad-clawed and combined units with put forward adaptations, introduction technological gauges and application of them of increased manure dozes.

— Technical perfecting the irrigation engineering and irrigation systems. — Measures for preventing an erosion, first way: reducing a diameter and drops fall speed of an artificial rain, decreasing an eroded ability of water flows, the second way: (increasing the soil stability) preliminary irrigation at small norms, deep plowing, craking, trash conservating a surface with straw (2 t/ha), destructing the surface crust, bedding (on slopes with up to 6°), band accommodation of plants (on slopes with 6-12°).

— Applications of different agrotechnical methods and whenever possible to transfer a part of early-spring processes, causing compaction, to autumn.

— Applying the gypsum, conditioners, lignin and other materials to improve structural stability and water penetration. — Measures on maintaining the positive humus balance: application of organic and mineral fertilizers, straw, peat, spropels, maximum keeping the plant residuals on fields, sowing the perennial grasses and stubble crops, increasing an index of use irrigation land.

When irrigating the saline soils and saline groundwaters rising:

— Drainage, washing, Ca-, H-, and Fe- ameliorations.

When irrigating by saline waters:

— Washing and Ca-, H-, and Fe- ameliorations, growing the salt-resistant plants and complete alienation their biomass from fields.

Salinity, alkalinity, waterlogging, compacting (rarely slitization), irrigation erosion, sealing, crusting, physical properties and structure degradation, decrease of humus, carbonate contents and water penetration are the major degradation problems associated with irrigation (regional danger). Besides degraded soils promote the increase of surface and drainage flowing, that leads to leaching the salts, fertilizers, pesticides into the groundwater, rivers, seas, oceans, in that case disturbance of their balance and contamination are observed (global danger).

The additional submission of water even being of good quality, if it's not accompanied other ameliorations results in the soil degradation. Degradation

processes are convertible, partially convertible, and irreversible. The most part of soil degradation kinds can be eliminated by various ameliorative and agro-chemical measures. However complete returning into an initial condition it's impossible. Soil regradation depending on degree and kind of degradation is also executed through various stages, causing to restoration soil. The most difficultly illiminated one is a soil slitization. It is connected with the factthat its reasons are unknown.

One distinguish some stages of soil degradation from 3 (strong, average, slight) up to 6 (Zonn, Travleev, 1989; Kozlovsky, 1991). A slight degree of irrigated soils degradation easier and cheaper to remove, than strong one. A very severe degree of soil degradation being revealed, the need to answer three questions in order to develop management steps to prevent, to "live with " soil degradation or refuse from irrigation.

The rate and direction of pedogenesis processes are determinated mainly by the quality of irrigation waters, type of water regime, the level of agriculture, buffer peculiarities and stability of soils. As a whole the changes in chernozems during irrigation are less substantial as compared with other steppe soils, this results from more arid conditions of the soil formation for the latter. Irrigated chernozems are less stabile among the steppe soils. Favourable condition for irrigable soils in the Volga-Riversides countries are possible first of all, to a good quality of water in Volga river.

ЛИТЕРАТУРА

- Агрофизические методы исследования почв.— М.: Наука, 1966. 370 с.
- Айдинян Р. Х. Извлечение ила из почвы. Краткая инструкция. — М.: Гипроводхоз, 1960. 10 с.
- Алексеев В. Е. Минералогический состав и эволюция глинистой части черноземов Молдавии//Почвоведение, 1977, № 2. С. 126-136.
- Алиев С. А., Мамедов Р. Г. Рекомендации по ускорению мелиорации глинистых засоленных почв.— Баку, 1978. 44 с.
- Андреев А. Г., Андреева Н. П. Причины декальцирования почв рисовых полей//Почвы речных долин и дельт, их рациональное использ. и охрана.— М., 1984. С. 54-55.
- Аниканова Е. М., Тищенко О. И. Состояние карбонатов в орошаемых черноземах//Почвообразование в условиях интенсивного мелиоративного воздействия.— Л., 1986. С. 56.
- Антипов-Каратаев И. А., Филиппова В. Н. Влияние длительного орошения на почвы.— М.: Изд-во АН СССР, 1955. 206 с.
- Антыков А. Я., Стоморев А. Я. Рациональное использование и повышение плодородия почв Ставрополя//Прогнозирование использования земельных ресурсов Северного Казахстана и Нижнего Поволжья.— Ростов-на-Дону, 1974. С. 149-156.
- Апарин Б. Ф. Гидрологические поля почвообразования//Почвоведение, 1996, № 5. С. 650-660.
- Баер Р. А. Изменение почвенных и гидрогеологических условий при орошении в степной зоне Украины//Мелиорация и водное хозяйство, 1989, № 9. С. 24-26.
- Баер Р. А., Лютаев Б. В. Водный баланс почвогрунтов зоны аэрации почв юга черноземной зоны.— М.: Наука, 1980. С. 12-15.
- Багров М. Н., Иванов В. М., Иванова Л. В. Сохранение и восстановление плодородия почв при строительной планировке орошаемых полей.— М.: Колос, 1981. 142 с.
- Балюк С. А. и др. Изменение свойств и режимов черноземов, типичных при орошении в условиях интенсивного овощного севооборота//Агрохимия и почвоведение, 1988, вып. 51. С. 75-82.
- Балюк С. А., Кукоба П. И., Фатеев А. И. Роль орошения в современной эволюции черноземов типичных левобережной лесостепи УССР//Там же, 1990, вып. 53. С. 57-67.
- Барановская В. А. Оптимизация гумусного состояния почв// Почвенно-экологические проблемы в степном земледелии.— Пушкино, 1992. С. 79-87.
- Барановская В. А., Азовцев В. И. Состав гумуса староорошаемых почв Заволжья//Почвоведение, 1973, № 10. С. 43-48.
- Барановская А. В., Азовцев В. И. Влияние орошения на современный почвообразовательный процесс//Тр. X Междун. конгр. почвоведов.— М., 1974. С. 132-136.

Барановская А. В., Азовцев В. И. Влияние орошения на миграцию карбонатов в почвах Поволжья//Почвоведение, 1981, № 10. С. 17-26.

Барановская А. В., Азовцев В. И., Околева А. А. О процессах гумусообразования в орошаемых степных почвах нижнего Поволжья//Этюды о гумусе. Сб. докладов VIII Международного симпозиума "Humus and planta". Т. 2.— Прага, 1983. С. 214-215.

Барановская А. В., Чижилова Н. П., Градусов Б. П., Аверьянова О. В. Роль различных фракций ила в прогнозе изменения черноземов при орошении//Почвоведение, 1988, № 1. С. 84-93.

Бейлин В. В., Радыгин И. М., Судьина Е. С. Зависимость степени засоления почв от глубины залегания и минерализации грунтовых вод в Среднем Поволжье//Экспресс-информация. Сер. 1. Вып. 10. Орошение и оросительные системы.— М., 1980. С. 10-13.

Березин П. Н. Диагностика потенциальной и актуальной слитости по физическим критериям//Почвоведение, 1990, № 5. С. 65-75.

Биланчин Я. М. Жанталай П. И. Изменение морфологии и вещественного состава черноземов Юго-Запада УССР при орошении//Тезисы докладов 3-го Съезда почвоведов и агрохимиков УССР.— Харьков, 1990. С. 9-12.

Бирюкова А. П. Влияние орошения на водный и солевой режим почв южного Заволжья.— М.: Изд-во АН СССР, 1962. 267 с.

Бирюкова А. П., Нусбаумер А. И. К вопросу о применении промывок в южном Заволжье//Мелиорация земель Поволжья.— Волгоград, 1971. С. 93-98.

Богданов Н. И. Вопросы структуры почв//Тр. Омского с.-х. ин-та, 1959. Т. 34. С. 17-23.

Болдырев А. И., Сафонова Е. П. Влияние длительного орошения на содержание органического вещества темно-каштановых почв и его групповой состав//Почвенно-мелиоративные проблемы и пути повышения плодородия орошаемых земель Юга УССР.— М., 1978. С. 60-62.

Болотов А. Т. Избранные сочинения по агрохимии, плодородию, лесоводству, ботанике.— М.: Изд-во Моск. общ-ва испытателей природы, 1952. 523 с.

Бондарев А. Г. Агрофизические свойства и водный режим почв сухостепной зоны Поволжья, их изменение и оптимизация в условиях орошения. Автореф. докт. дисс.— М. 1985. 45 с.

Бондарев А. Г. Проблема уплотнения почв сельскохозяйственной техникой и пути ее решения//Почвоведение, 1990, № 5. С. 31-37.

Боровский В. М. Формирование засоленных почв и галогеохимические провинции Казахстана.— Алма-Ата, 1982. 253 с.

Васильев Н. Мелиорация земель — мощное средство повышения продуктивности земледелия//Международ. с.-х. журнал, 1990, № 6. С. 2-8.

Васильева Л. И. Влияние сельскохозяйственного использования на ферментативную активность черноземов южных//Генезис и регул. плодород. почв.— Горький, 1984. С. 66-70.

Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв.— М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.

Вершинин П. В. Методы определения водопрочности агрегатов//Сб. работ по методике иссл. в обл. физики почв.— Л., 1964. С. 117-123.

Волохова А. А., Горашко А. П., Заволжская Н. М. Агрохимические показатели темно-каштановых почв и их оптимизация при орошении//Бюлл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 1987. С. 70-74.

Воронин А. Д. Структурно-функциональная гидрофизика почв.— М.: Изд-во МГУ, 1984. 204 с.

Галибин А. Н. Трансформация труднорастворимых солей в сыровых почвогрунтах при орошении//Использование орошаемых земель в Поволжье.— М., 1983. С. 95-100.

Галибин А. Н. Генетические и мелиоративные особенности каштановых почв Сыртовой Заволжья. Автореф. канд. дис.— М., 1985. 18 с.

Герасимов И. П. Опыт генетической классификации почв СССР на основе ЭПП//Почвоведение, 1975, № 5. С. 3-10.

Глазовский Н. Ф., Коронкевич Н. И., Кочуров Б. И., и др. Критические экологические районы: географические подходы и принципы изучения//Изв. ВГО, 1991, Т. 123, Вып. 1. С. 9-17.

Глотова Т. В. Органическое вещество каштановых и лиманных почв засушливого Юга-Востока СССР//Почвоведение, 1956, № 6. С. 45-58.

Гоголев И. Н. Механизмы некоторых ЭПП в черноземах, обусловленные орошением//Оросительные мелиорации, их развитие, эффективность и проблемы.— Херсон, 1993. С. 19-20.

Гоголев И. Н., Позняк С. В., Вердиашвили Н. И., Медвецкий В. И. Изменение вещественного состава силикатной части южных черноземов под влиянием орошения//Бюлл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. 1977, вып. XVII. С. 44-53.

Горбунов Н. И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения.— М.: Из-во АН СССР, 1963. 302 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1993 году//Проблемы окружающей среды и природных ресурсов: Обз. информ.— М., 1994, № 12. С. 1-20.

Градусов Б. П. Минералы со смешаннослойной структурой в почвах.— М.: Наука, 1976. 128 с.

Гришина Л. А. Гумусообразование и гумусное состояние почв.— М.: Изд-во МГУ, 1986. 243 с.

Данилова Е. А. Изменение свойств каштановых почв при сельскохозяйственном использовании и пути дальнейшего повышения их плодородия.

родия//Химизация и рац. испол. почв в условиях Юго-Вост. и Зап. Казахстана.— Саратов, 1978, вып. 107. С. 3-23.

Демкин В. А., Иванов И. В. Развитие почв Прикаспийской низменности в голоцене.— Пушкино, 1985. 165 с.

Демкин В. А., Иванов И. В., Максимюк Г. П. Почвы полупустынной зоны Северного Прикаспия и их изменение при орошении//Пробл. освоения пустынь.— 1986, № 4. С. 10-18.

Дергачева М. И. Органическое вещество почв: статика и динамика.— Новосибирск: Наука, 1984. 152 с.

Джиндил А. П. О влиянии орошения на состав и содержание гумуса и некоторые свойства южных черноземов Одесской области//Агрохимия, 1974, № 10. С. 106-110.

Джулай А. П., Огиенко В. Д. Орошаемое земледелие Кубани.— Краснодар, 1984. 176 с.

Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении.— М.: Изд-во МГУ, 1972. 292с.

Дуда В. И., Черноморенко И. И., Горюхова Н. М. Микробиологическая характеристика орошаемых черноземов Одесской области//Проблемы ирригации почв юга черноморской зоны.— М.: Наука, 1980. С. 142-161.

Дьяконова К. В. Роль органического вещества//Земледелие, 1988, № 1. С. 25-26.

Евдокимова Т. И., Зборищук Н. Г., Матлине И. Ф. Формирование ирригационных корочек на южном черноземе//Вест. МГУ (Сер. 17. Почвоведение), 1988, № 2. С. 20-26.

Егоров В. В. Почвообразование в условиях проведения оросительных мелиораций в дельтах Арало-Каспийской низменности.— М.: Изд-во АН СССР, 1959. 296 с.

Егоров В. В. Об орошении черноземов//Почвоведение, 1984, № 12. С. 39-47.

Зайдельман Ф. Р. Нужна ли мелиорация народному хозяйству страны?//Вестник сельскохозяйственных наук, 1989, № 2. С. 18-26.

Зайдельман Ф. Р. Экологическая защита мелиорируемых почв и агроландшафтов//Почвоведение, 1993, № 1. С. 5-12.

Зайдельман Ф. Р. Современные проблемы мелиорации почв и пути их решения//Там же, 1994, № 11. С. 16-23

Зайдельман Ф. Р., Давыдова И. Ю. Причины ухудшения химических и физических свойств черноземов при орошении неминерализованными водами//Там же, 1989, № 11. С. 101-108.

Зайдельман Ф. Р., Давыдова И. Ю. Влияние режима орошения на свойства типичного чернозема при поливе сульфатными водами//Там же, 1990, № 3. С. 25-32.

Зайцев К. И. Влияние планировки на плодородие чернозема и на методы восстановления плодородия в нем//Конф. по почвоведению и физиологии растений.— Саратов, 1938. Т. 2. С. 190-213.

Зборищук Н. Г. Изменение воздушного режима черноземов при орошении//Проблемы ирригации почв юга черноземной зоны.— М.: Наука, 1980. С. 117-126.

Зимовец Б. А. Экология и мелиорация почв сухостепной зоны.— М., 1991. 247 с.

Зимовец Б. А., Кауричева З. Н. Особенности регулирования солевого режима орошаемых почв сухостепной зоны//Почвоведение, 1984, № 12. С. 87-94.

Зольников В. Г. Почвы опытно-орошаемого участка Безенчукской станции//Научный отчет Безенчукской селекционно-опытной станции по агротехнике орошаемого земледелия за 1935-1947 годы.— Куйбышев: Обл. гор. изд-во, 1949. С. 3-15.

Зольников В. Г., Галибин А. Н., Мазур Ю. И. О процессах засоления и рассоления почв Сыртовой равнины Заволжья при орошении//Прогрессивные методы мелиорации засоленных почв.— М., Союзводпроект, 1977. С. 275-299.

Зонн С. В., Чернышев Е. П., Рунова Т. Г. и др. Степи Русской равнины: состояние, рационализация аграрного освоения//М.: Наука, 1994. 212 с.

Зонн С. В., Травлев А. П. Географо-генетические аспекты почвообразования, эволюции и охраны почв.— Киев: Наукова думка, 1989. 216 с.

Иванов Н. Н. Антропогенные рельефообразующие процессы на орошаемых землях Сарпинской низменности//Геоморфология, 1982, № 1. С. 44-47.

Ильин И. И. Инженерная концепция неоднородности и изменчивости физических свойств почв//Научн. тр. МИИЗа. Мелиорации почв.— М., 1980. С. 4-20.

Ионенко В. И. Колебательные процессы фракционного состава гумуса. Гумус как диссипативная система//Тез. докл. II съезда почвоведов и агрохимиков УССР.— Харьков, 1986. С. 120.

Кадастр. Мелиоративный кадастр России.— М.: МСХР, Главдстрой, 1993. 16 с.

Кауричев И. С., Орлов Д. С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв.— М., 1982. 246 с.

Кац Д. М. Влияние орошения на грунтовые воды.— М.: Колос, 1976. 272 с.

Кистанов Н. С. Процессы соленакопления в грунтовых водах и почвах Валуйской оросительной системы//Пробл. генезиса и мелиорации орошаемых земель.— М., 1973. С. 166-171.

Ковда В. А. Происхождение и режим засоленных почв.— М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1946-1947. Т. 1,2.

Ковда В. А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана.— М.: Наука, 1981. 182 с.

Ковда В. А., Розанов Б. Г., Евдокимова Т. И. и др. Принципы организации орошаемого земледелия на черноземах//Почвоведение, 1996, № 3. С. 22-30.

Козловский Ф. И., Королюк Т. В., Копикова Л. П. Значение структуры почвенного покрова при почвенно-мелиоративных исследованиях в сухостепной зоне//Картография почвенного покрова.— М., 1980. С. 108-132.

Козловский Ф. И. Современные естественные и антропогенные процессы эволюции почв.— М.: Наука, 1991. 198 с.

Комаров А. С., Мироненко Е. В. Диалоговые программы первичной статистической обработки информации для ЭВМ ЕС-1010.— Пушкино, 1979. 22 с.

Коробова И. Л. Характеристика кислотно-основного состояния подзолистых почв центрального лесного государственного биосферного заповедника. Автореф. канд. дис.— М., 1996. 33 с.

Корнблум Э. А., Дементьева Т. Г., Зырин Н. Г., Бирин А. Г. Изменение глинистого материала при образовании южного и слитого черноземов лиманной солоди и солонца//Почвоведение, 1972а, № 1. С. 107-114.

Корнблум Э. А., Дементьева Т. Г., Зырин Н. Г., Бирин А. Г. Некоторые особенности процессов передвижения и преобразование глинистых минералов при образовании южного и слитого черноземов, лиманной солоди и солонца//Там же, 1972б, № 5. С. 107-120.

Корнблум Э. А., Любимова И. Н. Почвенные факторы и механизм слитообразования, прогноз слитообразования в орошаемых почвах//Бюлл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 1972, вып. V. С. 138-152.

Красеха Е. Н. Эволюция структуры почвенного покрова степной зоны Юго-Запада Украины при орошении//Тез. докл. II съезда почвоведов и агрохимиков УССР.— Харьков, 1986. С. 38-39.

Крупеников И. А. Почвенный покров Молдовы.— Кишинев: Штиинца, 1992. 264 с.

Крупеников И. А., Шилихина И. И. Уроки пространственной изменчивости свойств почв на основе сопоставления коэффициентов

вариации//Почвы Молдавии и их использование в условиях интенсив. земледелия.— Кишинев: Штиинца, 1978. С. 109-112.

Крупеников И. А., Махлин Т. Б., Шилихина И. И. Математические методы характеристики и диагностики почв//Химия, генезис и картография почв.— М.: Наука, 1968. С. 135-141.

Крупеников И. А., Подымов Б. П., Скрыбина Э. Е. Влияние орошения на свойства и плодородие почв. Обзор. информация. МолдНИИНТИ.— Кишинев, 1985. 60 с.

Крыщенко В. С., Вигутова А. Я., Рязанова Э. Ф. Изменение минеральной части предкавказских террасовых черноземов при орошении//Почвоведение, 1983, № 8. 90-99.

Кузнецов М. С., Григорьев В. Я., Хан К. Ю. Ирригационная эрозия почв и ее предупреждение при поливах дождеванием.— М.: Наука, 1990. 120 с.

Кузник И. А. Орошение в Поволжье.— Л.: Гидрометеиздат, 1979.

Кучуков Р. А. Использование орошаемых земель в Поволжье//Гидротехника и мелиорация, 1982, № 10. С. 74-75.

Лабенец Е. М., Горбунов Н. И., Шурина Г. Н. Прогноз изменений свойств почв и разрушения минералов под влиянием воды и растворов//Почвоведение, 1972, № 4. С. 130-146.

Личко Р. П., Степутина В. И. Содержание органического вещества и ферментативная активность орошаемых почв//Тезисы докладов 7-го Съезда ВОП.— Ташкент, 1985. Ч. 2. С. 161.

Магакян Г. Л. Степь и вода.— М.: Мысль, 1977. 192 с.

Майнашева Г. М., Чижикова Н. П., Николаева С. А. Изменение глинистого материала в черноземах под культурой риса//Вест. МГУ. Биол., почвовед., 1974, № 6. С. 74-80.

Медведев В. В. Изменение агрофизических свойств черноземов в условиях интенсивного земледелия//Проблемы почвоведения.— М., 1982.

Медведев В. В. Экологические критерии механической обработки почв//Окультуривание почв: научные основы, опыт и направления.— М.: Агропромиздат, 1991. С. 63-69.

Медведев В. В. Экспертная система диагностики, прогноза и устранения переуплотнения почв//Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urzadzen. Rolniczych. T.2/ Plock. 1994. P. 42-47.

Медведев В. В., Цыбулько В. Г. Влияние орошения на изменение физических свойств и физико-механических свойств черноземов почв//Мелиорация почв русской равнины.— М., 1982. С. 81-86.

Медведев В. П. Мелиоративные свойства почв крупных оросительных систем Саратовского Заволжья//Мелиоративный прогноз и меро-

приятия по предупреждению засоления орошаемых земель в Поволжье.— М., 1974. С. 14-27.

Мельник А. В. Влияние планировки на повышение продуктивности орошаемых почв Волгоградского Заволжья//Почвоведение, 1971, № 4. С. 113-122.

Методическое руководство по микроморфологии почв.— М.: Изд-во МГУ, 1983. 64 с.

Михайличенко В. Н. Галогенез и осолонцевание почв равнин Северного Казахстана.— Алма-Ата: Наука, 1979. 172 с.

Моргун Е. Г., Пачепская Л. Б. Структура водного и солевого баланса предкавказских черноземов и ее анализ в связи с проблемой прогноза мелиоративного состояния почв//Проблемы ирригации почв юга черноземной зоны.— М.: Наука, 1980. С. 26-34.

Николаева С. А., Майнашева Г. М. Влияние орошения методом затопления на свойства черноземов//Там же. С. 126-142.

Николаева С. А., Самойлова Е. М. Изменение структуры черноземов при орошении//Орошаемые черноземы.— М.: Изд-во МГУ: 1989. С. 145-159.

Николаева С. А., Щеглов А. И., Цветнова О. Б. Некоторые особенности изменения структурного состояния черноземов при орошении их минеральными водами//Почвоведение, 1987, № 2. С. 95-100.

Новикова А. В. Прогнозирование вторичного засоления почв при орошении.— Киев: Урожай, 1975. 184 с.

Новикова А. В., Калиниченко В. Н. Естественное содопроявление в почвогрунтах степного Крыма до орошения//Агрохимия и почвоведение, 1988, вып. 51. С. 45-54.

Орлов Д. С. Кинетическая теория гумификации и схема вероятного строения гумусовых кислот//Биол. науки, 1977, № 9. С. 5-16.

Орлов Д. С. Биогеохимические принципы и правила гумусообразования//Почвоведение, 1988, № 7. С. 83-91.

Орлов Д. С., Барановская В. А., Околелова А. А. Органическое вещество степных почв Поволжья процессы его трансформации при орошении//Там же, 1987, № 10. С. 65-79.

Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса.— М.: Изд-во МГУ, 1981. 271 с.

Орлов Д. С., Аниканова Е. М., Маркин В. А. Особенности органического вещества орошаемых почв//Проблемы ирригации почв юга черноземной зоны. М.: Наука, 1980. С. 35-61.

Орлов Д. С., Лозановская И. Н., Николаева С. А. Химические процессы в орошаемых мелиорируемых почвах.— М.: Изд-во МГУ, 1990. 96 с.

Панов Н. П., Гушин В. П., Юдин С. А. Особенности влагосодержания и окислительно-восстановительно состояния черноземов и темно-каштановых почв в условиях орошения//Актуальные вопросы генезиса и мелиорации почв.— М., 1986. С. 5-9.

Панкова Е. И., Соловьев Д. А. Дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв.— М., 1993. 191 с.

Панфилов В. П., Слесарев И. В., Сеньков А. А. и др. Черноземы: свойства и особенности орошения.— Новосибирск: Наука, 1988. 256 с.

Парфенова Е. И., Ярилова Е. А. Руководство к морфологическим исследованиям в почвоведении.— М.: Наука, 1977. 198 с.

Песочина Л. С., Приходько В. Е. Изменение микростроения органического вещества черноземов Поволжья при орошении//Пространственно-временная организация и функционирование почв.— Пушкино, 1990. С. 202-210.

Пищейко Л. Н. Влияние хлоридно-натриевых оросительных вод на некоторые физико-химические свойства черноземов Приазовья//Проблемы ирригации почв юга черноземной зоны. М.: Наука, 1980. С. 102-116.

Пищейко Л. Н., Федоров К. Н., Андреев Г. И. Изменение микро-скопического строения Приазовских черноземов под воздействием орошения//Пути повышения эффект. испол. мелиор. земель. Тр. Юж-НИИГиМа, вып. XXI.— Новочеркасск, 1976. С. 59-66.

Платонова Т. К. Влияние орошения на водно-солевой режим черноземных почв Заволжья. Автореф. канд. дис.— М. 1977. 26 с.

Подымов Б.П., Скрыбина Э.Е. Оглинивание как диагностический признак орошаемых черноземов//Почвы Молдавии и их использование в условиях интенсивного земледелия.— Кишинев, 1978.

Позняк С.П. Орошаемые черноземы юга-запада Украины. Автореф. докт. дис.— М., 1992. 44 с.

Полупан Н.И. Характер и интенсивность гумусообразования в почвах зоны южной и сухой Степи Украины при различных антропогенных воздействиях//Агрохимия, 1986, № 12. С. 62-72.

Попова Т. В. Гумусное состояние черноземов при орошении// Орошаемые черноземы.— М.: Изд-во МГУ: 1989. С. 137-144.

Поротькин Е. И., Демидова Т. А. Продуктивность основных полевых культур на орошении в степных районах Кубышевской области//Агротехн. и биол. основы возделывания с/х культур в Кубышевской области.— Куйбышев, 1984. С. 55-65.

Приходько В. Е. Гумус почв и почвенных мезоструктурных отделностей и его изменение при орошении//Проблемы повышения плодородия почв в условиях Алтайского края.— Новосибирск, 1984а. С. 24-36.

Приходько В. Е. Содержание и состав гумуса в неорошаемых и орошаемых темно-каштановых почвах Саратовской области//Почвоведение, 1984а, №2. С. 124-128.

Приходько В. Е., Иванов И. В., Галибин А. Н. Влияние орошения на темно-каштановые почвы сыртовой равнины. Препринт.— Пушкино, 1985. 48 с.

Приходько В. Е., Галибин А. Н., Иванов И. В. Изменение свойств темно-каштановых почв Сыртовой равнины Заволжья при орошении//Почвоведение, 1986, № 5. С. 76-86.

Приходько В. Е., Соколова Т. А. Влияние орошения на глинистый материал темно-каштановых почв Заволжья//Там же, 1988, № 1. С. 62-71.

Рейнтам Л. Ю. О агентах начального почвообразования под сельскохозяйственными культурами//Пути рационального освоения и использования покрова Туркменистана.— Ашхабад, 1981. С. 20-23.

Роде А. А., Польский М. Н. Почвы Джаныбекского стационара//Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 1960, Т. 56. С. 1-214.

Розанов А. Б., Розанов Б. Г., Экологические последствия антропогенных изменений почв//Итоги науки и техники.— М.: ВИНТИ, 1990, Т. 7. 152 с.

Розанов Б. Г. Слитогенез при орошении черноземов//Проблемы с-х науки в Московск. ун-те.— М.: Из-во МГУ, 1975а.

Розанов Б. Г. Генетическая морфология почв. М.: Изд-во МГУ, 1975б. 293с.

Розанов Б. Г., Аниканова Е. М. Некоторые особенности генезиса орошаемых черноземов юга Европейской части СССР//Тез. докл. II съезда почвоведов и агрохимиков УССР.— Харьков, 1986. С. 12-13.

Розанов Б. Г., Андреев Г. И., Буйлов В. В. и др. Эволюция черноземов при орошении//Русский чернозем — 100 лет после Докучаева.— М.: Наука, 1983. С. 241-252.

Ромашкевич А. И., Герасимова М. И. Микроморфология и диагностика почвообразования.— М., Наука. 1982. 125 с.

Ружек Л. Динамика изменений биомассы почвенных микроорганизмов в течении вегетационного периода. "Humus et planta"//Сб. докл. 8 Международного симп. Прага, 1983. Т. 2. "Доклады о гумусе". С. 429-435.

Саваренский Ф. П. Гидрогеологический очерк Заволжья//Тр. Главного геолого-разведочного управления ВСНХ СССР. М.-Л., вып. 4. 1931.

Самойлова Е. М. Черноземно-луговые почвы европейской лесостепи//Вест. МГУ (Сер. почвоведение), 1978, № 3. С. 3-11.

Сапожников П. М. Физические параметры почв при уплотняющем действии сельскохозяйственной техники//Вест. с.-х. науки, 1990, № 6. С. 59-67.

Сапожников П. М. Деградация физических свойств почв при антропогенных воздействиях//Почвоведение, 1994, № 11. С. 60-66.

Синкевич З. А. Современные процессы в черноземах Молдавии.— Кишинева: Штиинца. 1989. 214с.

Синичкина Н. В., Вигутова А. Я., Рязанова Э. Ф. Свободные феррильные соединения в пахотных предкавказских черноземах//Почвоведение, 1984, № 11. С.134-136.

Скворцова Е. Б., Позняк С. П., Тортик Н. И. Строение порового пространства орошаемых черноземов юга Украины//Минерал. состав и микростр. почв в решении вопросов их генезиса и плодород.— Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 1990. С. 116-124.

Скрябина Э. Е., Подымов Б. П. Влияние орошения на состав органико-минерального ила в черноземе обыкновенном тяжелосуглинком//Бонтировка, генезис и химия почв Молдавии.— Кишинев: Штиинца, 1979. С. 60-69.

Соколова Т. А. Высокодисперсные минералы в почвах и их роль в почвенном плодородии. Ч. I.— М.: Изд-во МГУ, 1984. 75 с.

Соколова Т. А. Соляник Г.М. Минералогический состав илистых фракций черноземов Краснодарского края и некоторые вопросы количественного определения глинистых минералов//Вест. МГУ (Биол., почвовед.), 1984, № 1. С. 21-29.

Соколова Т. А., Дронова Т. Я. О диагностике и механизме процесса оглинивания в некоторых типах почв//Почвоведение, 1983, № 7. С. 16-25.

Соколовский С. П. О воздействии орошения на некоторые свойства предкавказских черноземов и каштановых почв//Там же, 1968, № 9. С. 70-81.

Соляник Н. М., Ключин П. В. Повышение продуктивности орошаемых земель Северного Кавказа.— М.: Россельхозиздат, 1984. 35 с.

Сорочкин В. М. Изменение структуры и сложения почвы при орошении дождеванием//Физические условия почвенного плодородия.— М., 1978, С. 79-93.

Сорочкин В. М. О выборе показателей для агрономической оценки структуры почв//Почвоведение, 1991, № 6. С. 50-58.

Сорочкин В. М., Орлова Л. П., Кучеряева Е. В. К механизму формирования структуры обрабатываемых лесостепных почв//Там же, 1990, № 6. С. 51-58.

Стругалева Е. В., Трофимов И. Т., Чижикова Н. П., Козленева Л. П. Влияние 40 летнего орошения на химико-минералогический состав Алейской оросительной системы в Алтайском крае//Засол. почвы Алтая, их св-ва и мелиорация.— Барнаул, 1980. С. 107-121.

Снеговой С. В. Агротехника и плодородие почвы при орошении.— Кишинев: Катра Молдовенеска, 1981. 168 с.

Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы.— Новосибирск: Наука, 1974. С. 159-182.

Супряга И. К. Использование слабоминерализованных дренажных вод для орошения//Гидротехника и мелиорация, 1977, № 1. С. 65-71.

Таргульян В. О., Бирин А. Г., Куликов А. В., Соколова Т. А., Целищева Л. К. Организация, состав и генезис дерново-палево-ползolistой почвы на покровных суглинках: Морфологические и аналитич. исследования.— М.: Наука, 1974. Кн. 2. 110 с.

Таргульян В. О., Соколова Т. А. Почва как биокосная природная система: “реактор”, “память” и регулятор биосферных взаимодействий//Почвоведение, 1996, № 1. С. 34-47.

Толчельников Ю. С. Опыт орошения черноземов//Гидротехника и мелиорация, 1984, № 4. С. 63-67.

Тортик Н. И. Почвенно-генетические последствия орошения черноземов южных Заднепровья Украины слабоминерализованными водами. Автореф. канд. дис.— М., 1992. 26 с.

Трегубов П. С., Аверьянов О. А. Ирригационная эрозия почв и меры ее предотвращения.— М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. 54 с.

Травникова Л. С., Титова Н. А. Факторы, регулирующие распределение органического вещества по фракциям < 5 мкм в почвах солонцового комплекса Калмыкии//Почвоведение, 1978, № 11. С. 109-121.

Турсина Т. В. Микроморфология естественных и антропогенных почв. Автореф. докт. дис.— М., 1988. 40 с.

Турсина Т. В., Барановская А. В., Азовцев В. И. Изменение микростроения почв под влиянием длительного орошения//Почвенно-мелиоративные проблемы и пути повышения плодородия орошаемых земель юга УССР.— М.: 1978. С. 62-67.

Тюрина-Зейналашвили Р. Н. Изменение состава гумуса каштановых почв и солонцов Заволжья под влиянием агротехнических мероприятий//Биол. науки, 1964, № 3. С. 202-207.

Филиппова В. Н., Сердобольский И. П. Варьирование химических свойств темно-каштановой почвы//Тр. комиссии по ирригации. Сб. 10, 1937. С. 77-94.

Фиалшев Б. Х., Шацева С. Х. Влияние многолетнего орошения на состава и свойства карбонатных (обыкновенных) черноземов Восточного Предкавказья//Тез. докл. 5 Делегат. съезда ВОП. Минск, 1977. Т. 6. С. 136-137.

Физико-химические методы исследования почв.— М.: Изд-во МГУ, 1980. С. 278-309.

Хан Д. В. Органо-минеральные соединения и структура почвы.— М.: Наука, 1969. 142 с.

Хитров Н. Б. Слитоземы Северного Кавказа.— Автореф. докт. дис.— М., 1995. 50 с.

Хитров Н. Б., Чечуева О. А. Способ интерпретации данных макро— и микроструктурного состояния почвы//Почвоведение, 1984, № 2. С. 84-92.

Хохленко Т. И. Оценка оросительных вод по термодинамическим показателям//Мелиорация и водное хозяйство, 1988, № 2. С. 38-40.

Целищева Л. К., Козловский Ф. И. Процессы уплотнения и слитизации в орошаемых черноземах//Тезисы докладов по микроморфологии, генетическому и прикладному почвоведению.— Тарту, 1983. С. 77.

Черкинский А. Е. ЭПП метаморфизма органического вещества//Элементарные почвообразовательные процессы.— М.: Наука, 1992. С. 44-58.

Чесняк Г. Я. Определение параметров и свойств черноземов типичных мощных разного уровня плодородия//Теор. основы и методы определ. оптим. параметров свойств почв.— М., 1980. С. 42-50.

Чижикова Н. П. Изменение минеральной компоненты черноземов при сельскохозяйственном возделывании (и орошении)//Почвы и почв. покров лес. и степ. зон СССР и их рациональное использование.— М., 1984. С. 178-185.

Чижикова Н. П., Градусов Б. П. Влияние орошения местными водами на химико-минералогический состав высокодисперсной части черноземов Барабы//Бюлл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 1972, вып. V. С. 117-125.

Чижикова Н. П., Хитров Н. Б., Дуженко В. С. Статистическая оценка изменения минералогического состава ила степных почв при орошении//Почвоведение, 1992, № 4. С. 59-71.

Шлевкова Е. М. Пространственное варьирование свойств солонцовых почв и определение объемов исследуемых выборок//Там же, 1981. № 10. С. 90-95.

Шишов Л. Л., Карманов И. И., Зимовей Б. А. Плодородие черноземов в условиях интенсификации их использования//Мелиорация и водное хоз-во, 1989, № 9. С. 18-21.

Шульгин А. М. Алексеева С. Ф., Сомова В. И. Некоторые проблемы почвенной климатологии Сибири//Агроклиматология Сибири.— Новосибирск: Наука, 1977.

Яковченко В. П. Изменения свойств почвенных агрегатов чернозема при распашке//Вест. Моск. ун-та (Сер. 17. Почвоведение), 1982. № 2.

Янюк В. М. Вертикальный влагообмен в глинистых каштановых почвах Заволжья при близких грунтовых водах//Использование орошаемых земель в Поволжье.— М.: ВНИИГиМ, 1983. С. 45-50.

Ярилова Е. А. Микроморфология черноземов//Черноземы СССР. Т. 1.— М.: Колос, 1974. С. 156-173.

Ярилова Е. А., Самойлова Е. М., Поляков А. Н., Макеева В. И. Микроморфология черноземов Русской равнины//Микроморфологическая диагностика почв и почвообразовательных процессов.— М.: Наука, 1983. С. 130-139.

Bar-On P., Shainberg I. Hedrolysis and decomposition of Na—montmorillonite in distiller water//Soil Sci., 1970. V. 109. № 4. P. 241-246.

Dregne H. E. Managing saline waters for irrigation//Texas, (USA), 1977.

Kamil J., Shainberg I. Hydrolysis of sodium montmorillonite in sodium chloride solutions//Soil Sci., 1968. V.106. № 3. P. 193-199.

Oster J. D., Singer M. J., Fulton A., Richardson W., and Prichard T. Water penetration problems in California soils.— Univ. of California, 1992. 165 p.

Sehramm L. L., Kwar C. N. Hydrolysis of alkali and alkaline earth forms of montmorillonite in dilute solutions//Soil Sci., 1984. V. 137. № 1. P. 1-6.

Varade S. B. Low frequency deficit irrigation: A technique to save vertisoil//Trans. 13 Congr. of ISSS, Hamburg, 1986. Vol 2. P. 179-180.

Yaalon D. H. Studies of the effect of saline irrigation mater on calcareous soil. 2. The behaviour of calcium carbonate//The bulletin of the research council of Isfael, 1954 .V. 7 G. № 2-3. P. 115-122.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ



Приходько Валентина Евгеньевна — почвовед, кандидат биологических наук, работает в Институте почвоведения и фотосинтеза РАН. Окончила в 1973 г. факультет почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова. В 1979 г. защитила кандидатскую диссертацию (Формы соединений кремния в почвах Русской равнины), выполненную под руководством Б. Г. Розанова и Я. М. Аммосовой. По проблеме орошаемых почв работает в Поволжье с 1980. Автор около 100 публикаций.

Статьи:

Приходько В. Е., Аммосова Я. М. Состав механических фракций почв в связи с миграцией кремнезема//Почвоведение, 1979, № 8. С. 43-52.

Приходько В. Е., Галибин А. Н., Иванов И. В. Влияние орошения на свойства темно-каштановых почв Сыртовой равнины Заволжья//Почвоведение, 1986, № 5. С. 76-86.

Приходько В. Е., Болтова Л. М. Изменение свойств агрегатов темно-каштановых почв при орошении//Вопросы экологии и охраны природы в Нижнем Поволжье.— Саратов, 1988. С. 33-39.

Приходько В. Е. Эволюция почв степной зоны при орошении//Естественная и антропогенная эволюция почв.— Пушино, 1988. С. 152-164.

Приходько В. Е., Соколова Т. А. Изменение глинистого материала темно-каштановых почв Заволжья при орошении//Почвоведение, 1989, № 1. С. 62-72.

Приходько В. Е., Иванов И. В., Судьина Е. С., Бейлин В. В. Изменение свойств черноземов при длительном орошении//Мелиорация и водное хозяйство, 1989, № 10. С. 40-41.

Приходько В. Е., Судьина Е. С. Условия сохранения плодородия почв при орошении//Плодородие почв и проблемы орошаемого земледелия.— Барнаул, 1989. С. 39-47.

Demkin V. A., Prikhod'ko V. Y., Ivanov I. V., Pesochina L. S. Natural and anthropogenic development of saline soils on the south of the Russian plain//Proc. Intern. Sympos. on Dynamics of Salt-Affected soils.— Nanjing, China, 1989. P. 136-141.

Песочина Л. С., Приходько В. Е. Микроморфологическая характеристика органического вещества орошаемых черноземов Поволжья//Почвоведение, 1992, № 4. С. 123-130

Иванов И. В., Приходько В. Е. и др. Почвенно-экологические проблемы в степном земледелии.— Пушино, 1992. 180 с.

Prikhod'ko V., Demkin V. Problems of brown desert-steppe soils irriga-

tion//Internat. Symposium on evolution of deserts.— Ahmedabad, India, 1992. P. 135-138.

Prikhodko V. Y. Effect of irrigation on desert steppe soils of Russia//Proc. Intern. Workshop on Classification and Management of Arid-Desert Soils.— Bijing, China, 1993. P. 48-50.

Prikhodko V. Y. Effect of irrigation on steppe soils of Russia// 15th World Congress of Soil Science. Transactions. Acapulco, Mexico, 1994, 2b. P. 8-9.

Приходько В. Е. Содержание и запас гумуса в почвах Волгоградской области//Почвоведение, 1994, № 10. С. 65-74

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Dr. Valentina Prikhod'ko is a soil scientist, in the Moscow State University, Faculty of Soil Science received B.Sc. (1973), M.Sc. (1978) and Ph.D (1979). Doctoral of Philosophy candidates thesis: "Forms of silicon compounds in soils of Russian Plain" (guidance of Dr. Prof. Boris G. Rozanov and Dr. Jana M. Ammosova). Works in the Inst. of Soil Science & Photosynthesis RAS since 1978, 98 publications. She is engaged in the problems of irrigated soils since 1980 (80 scientific publications).

Field of specialization: Soil Science, Soil Chemistry, Soil Mineralogy, Ecology.

Articles:

Prikhod'ko V., Ammosova J. A composition of soil mechanical fractions in the connection with the migration of silica//Soviet Soil Science, 1979, v. 11, 4. P. 472-481 (Eng.).

Prikhod'ko V. Content and composition of humus in nonirrigated and irrigated dark chestnut soils of Saratov region//Pochvovedenie, 1984, 2. P. 124-128 (rus.).

Prikhod'ko V., Galibin A., Ivanov I. Change of properties of dark chestnut soils in Syrt plain (Volga-Leftriverside countries) under irrigation// Pochvovedenie, 1986, 5. P. 76-86 (rus.).

Prikhod'ko V. Soil evolution in steppe zone under irrigation// Natural and anthropogenic soil evolution.— Pushchino, 1988. P. 152-164 (rus.).

Prikhod'ko V., Sokolova T. Change of clay material of dark chestnut soils under irrigation (in the Volga-Leftriverside countries) //Pochvovedenie, 1989, 1. P. 62-71 (rus.).

Sud'ina E., Prikhod'ko V., Ivanov I., Beilin V. Effect of irrigation on properties of south chernozem of Syrt plain//Pochvovedenie, 1989, 5. P. 128-135 (rus.).

Pesochina L., Prikhod'ko V. Micromorphological characteristic of organic matter in chernozems of the Volga-Leftriverside countries irrigated over a long period of time//Pochvovedenie, 1992, 4. P. 123-130 (rus.).

Prikhod'ko V. Effect of irrigation on desert steppe soils of Russia// Proc. of Internat. Workshop on Classification and Management of Arid Desert soils, 1993, Beijing, China. P. 48-50 (Eng.).

Prikhod'ko V. Content and reserve of humus in soils of Volgograd region//Pochvovedenie, 1994, 10. P. 65-74 (rus.).

СОДЕРЖАНИЕ

	ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА	5
	ВВЕДЕНИЕ	6
Глава 1.	ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ РОССИИ	11
Глава 2.	ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	22
	2.1. Особенности исследуемых оросительных систем.....	22
	2.2. Методы исследований.....	28
Глава 3.	СРАВНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ СВОЙСТВ ПОЧВ В ПРЕДЕЛАХ ЛОКАЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ И ПЛОЩАДЕЙ БОЛЬШОГО РАЗМЕРА	30
Глава 4.	СВОЙСТВА, ПРОЦЕССЫ И РЕЖИМЫ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ	37
	4.1. Факторы почвообразования при орошении	37
	4.2. Микроморфология почв и ее изменение.....	40
	4.3. Физические свойства почв и их динамика	43
	4.4. Структура почв и ее изменение.....	47
	4.5. Водно-солевой режим и обменные реакции	56
	4.6. Гумусное состояние и его динамика.....	75
	4.7. Минералогический состав почв Поволжья и его изменение при орошении	97
Глава 5.	ПРОДУКТИВНОСТЬ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ РОССИИ	112
Глава 6.	ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ	119
	6.1. Факторы, процессы, свойства орошаемых почв.....	119
	6.2. Экологические ситуации, складывающиеся при ирригации почв	123
	6.3. Особенности ирригации степных почв различного типа	132
	6.4. Деградация почв и меры их восстановления.....	135
	6.5. Основы ирригационного мониторинга орошаемых площадей.....	140
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	143
	SUMMARY	147

ЛИТЕРАТУРА.....	160
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ.....	174

ТАБЛИЦЫ

1. Экологическое состояние орошаемых земель России	13
2. Климатические показатели исследуемых орошаемых почв Поволжья.....	24
3. Характеристика исследуемых оросительных систем Поволжья	24
4. Содержание гумуса и карбонатов в темно-каштановых почвах Ершовского ОУ.....	35
5. Водопроницаемость и твердость КЗ Ершовского ОУ по различным элементам почвенной массы	46
6. Некоторые свойства сыртовых отложений на глубине 4,5-5,0 м.....	47
7. Некоторые свойства агрегатов почв Поволжья.....	51
8. Запасы солей в неорошаемых почвах и их изменение при орошении в почвах Поволжья.....	59
9. Содержание токсичных солей и площадь орошаемых южных черноземов Таловской ОС, засоленных в различной степени.....	61
10. Характеристика ИГВ в КЗ Ершовского ОУ в зависимости от времени года и расстояния от канала (1969-1978 гг.).....	66
11. Изменение степени засоленности орошаемых бурых пустынно-степных почв Рыбацкого ОУ в слое 0-1,5 м.....	70
12. Емкость катионного обмена и количество обменного натрия в почвах Поволжья	74
13. Динамика содержания гумуса в обыкновенных черноземах	79
14. Запасы гумуса неорошаемых почв и их изменение при орошении в почвах Поволжья	79
15. Изменение содержания гумуса в орошаемых почвах Волгоградской области за 20 лет.....	79
16. Динамика содержания гумуса в каштановых и бурых пустынно-степных почвах.....	81
17. Фракционно-групповой состав гумуса почв Поволжья.....	83
18. Динамика состава гумуса темно-каштановых почв Ершовского ОУ.....	87
19. Динамика фракционно-группового состава гумуса почв гор. Аплах в автоморфных и гидроморфных условиях.....	88
20. Содержание илистой фракции в почвах Поволжья.....	100

21. Запасы илистой фракции в неорошаемых почвах Поволжья и их изменение при орошении	101
22. Трансформация почв при орошении и мерах их восстановления	124
Soil transformation under irrigation and remediation measures (years).....	152

РИСУНКИ

1. Исследуемые оросительные системы Поволжья.....	23
2. Объемная масса почв Поволжья.....	45
3. Агрегатный состав гор. Апах почв Поволжья.....	49
4. Минералогический состав илистой фракции агрегатов темно-каштановых почв Ершовского ОУ	53
5. Фракционно-групповой состав гумуса водопрочных и неводопрочных агрегатов темно-каштановых почв Ершовского ОУ	55
6. Поверхностные и грунтовые воды на территории Ершовского ОУ. Данные 1933 г.	64
7. Влажность почвогрунтов Ершовского ОУ (профиль А-Б)	65
8. Поверхностные и грунтовые воды на территории Ершовского ОУ. Данные 1978-1979 гг.	65
9. Общее содержание солей, Cl^- и SO_4^{2-} в КЗ Ершовского ОУ	67
10. Содержание гуминовых веществ в гор. Апах почв Поволжья.....	85
11. Фракционно-групповой состав гумуса гор. Апах почв Поволжья.....	86
12. Содержание <i>каолинита + хлорита</i> в илистой фракции почв Поволжья.....	103
13. Содержание <i>иллита</i> в илистой фракции почв Поволжья	104
14. Содержание <i>лабильных минералов</i> в илистой фракции почв Поволжья	105
15. Содержание K_2O в илистой фракции почв Поволжья	106
16. Содержание MgO в илистой фракции почв Поволжья	106
17а. Урожайность зерновых культур на орошаемых почвах некоторых регионов России.....	114
17б. Урожайность многолетних трав на орошаемых почвах некоторых регионов России.....	114
17в. Урожайность кукурузы (зеленая масса) на орошаемых почвах некоторых регионов России.....	115

CONTENTS

FOREWORD OF THE EDITOR.....	3
INTRODUCTION.....	6
Chapter 1. ENVIRONMENTAL CONDITION OF IRRIGATED SOILS IN RUSSIA.....	11
Chapter 2. OBJECTS AND METHODS	22
2.1. Features of the irrigational systems researched	22
2.2. Investigating methods.....	28
Chapter 3. COMPARISON OF SOIL PROPERTIES HETEROGENEITY WITHIN THE LOCAL PLOTS AND LARGE SIZE AREAS	30
Chapter 4. IRRIGATED SOILS: FACTORS, PROPERTIES, MODES.....	37
4.1. Natural and anthropogenic soilforming factors during irrigation	37
4.2. Soil micromorphology and its dynamics.....	40
4.3. Physical properties and their change	43
4.4. Structural peculiarities of irrigated soils	47
4.5. Water-salt regime and exchange reactions	56
4.6. Humus condition and its dynamics.....	75
4.7. Mineralogical composition and its changing.....	97
Chapter 5. PRODUCTIVITY OF IRRIGATED SOILS IN RUSSIA.....	112
Chapter 6. IRRIGATED SOILS FUNCTIONING	119
6.1. Factors, processes, properties of irrigated soils	119
6.2. Environmental conditions being formed during irrigating the soils.....	123
6.3. Peculiarities of irrigated steppe soils of various types.....	132
6.4. Soil degradation, its causes, measures for its preventing and remediating the soils	135
6.5. Principles of irrigational monitoring the soils.....	140
CONCLUSION.....	143
SUMMARY(on English)	147
LITERATURE.....	160
INFORMATION ABOUT THE AUTHOR (on English)	175

Научное издание

Работа выполнена и издана при финансовой поддержке **Российского фонда фундаментальных исследований** (проект 94-05-17518-а “Орошаемые почвы: функционирование, экология, продуктивность”).

Приходько Валентина Евгеньевна

**ОРОШАЕМЫЕ СТЕПНЫЕ ПОЧВЫ:
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ЭКОЛОГИЯ, ПРОДУКТИВНОСТЬ**

Отв. за выпуск — *А. К. Тюленев*

Подписано в печать 30.11.96 г. Печать офсетная. Формат 60×90/16
Гарнитура “TimesET”. Усл. печ. л. 11,5. Уч.-изд л. 12,1.
Тираж 1000 экз.

Издательство “ИНТЕЛЛЕКТ”
123298, Москва, а/я 3
ЛР № 030545 от 09.06.93 г.

Отпечатано с оригинал-макета в Тульской типографии,
300600, г. Тула, пр. Ленина, 109. Заказ 53

ISBN 5-87047-034-X

© В. Е. Приходько, 1996