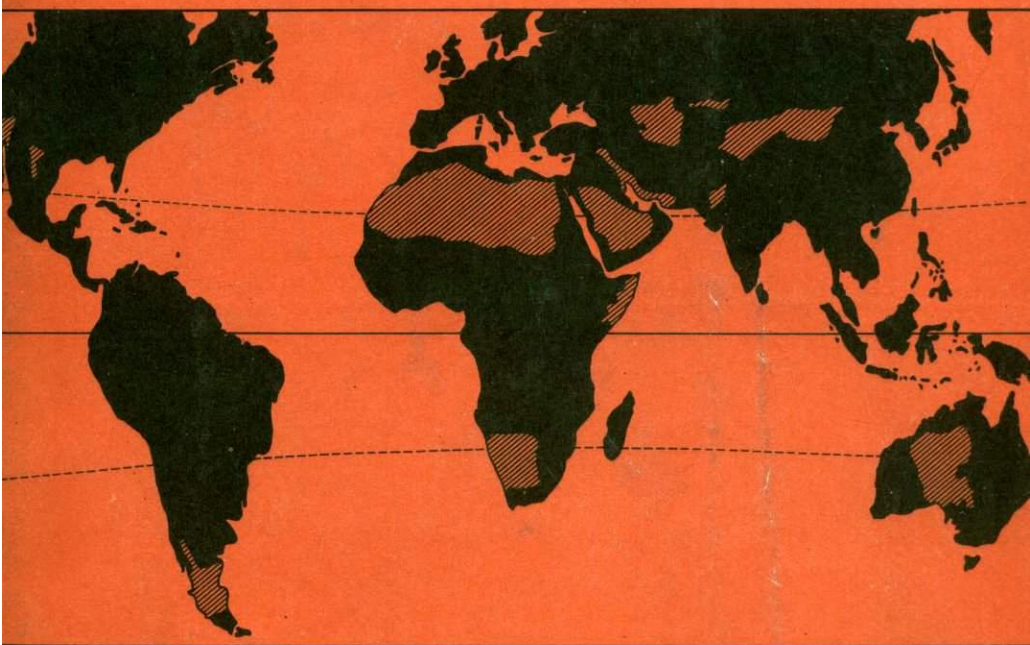
# АРИДНЫЕ ПОЧВЫ ИХ ГЕНЕЗИС ГЕОХИМИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ



ИЗДАТЕЛЬСТВО •НАУКА•

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ ПОЧВОВЕДЕНИЯ
И МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ
ИНСТИТУТ АГРОХИМИИ И ПОЧВОВЕДЕНИЯ

ACADEMY OF SCIENCES USSR
SCIENTIFIC COUNCIL ON PROBLEMS OF SOIL
SCIENCE AND SOIL MELIORATION
INSTITUTE OF AGROCHEMISTRY AND SOIL SCIENCE

# ARID SOILS, THEIR GENESIS, GEOCHEMISTRY UTILIZATION

PUBLISHING HOUSE «NAUKA»
MOSCOW 1977

# АРИДНЫЕ ПОЧВЫ, ИХ ГЕНЕЗИС, ГЕОХИМИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

2526

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА 1977



УДК 631. 42

В сборнике рассматриваются процессы выветривания, почвообразования и биологической продуктивности в пустынных почвах, проблемы картографии и учета почвенных ресурсов мира по засушливым и пустынным зонам. Предлагаются новые методы освоения полупустынных и пустынных почв.

Книга рассчитана на почвоведов, геоморфологов, геохимиков, мелиораторов.

Ответственные редакторы

чл.-корр. АН СССР
В.А. КОВДА
и доктор с.-х. наук
Е.В. ЛОБОВА

Editors-in-Chief

V.A.KOVDA,
E.V.LOBOVA

А $\frac{40304-160}{055(02)-77}$ 703-77

© Издательство "Наука", 1977 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Освоение и охрана аридных почв в настоящее время является острой проблемой, привлекающей большое внимание, так как почти во всем мире наблюдается увеличение площади пустынь, частые засухи и деградация экосистем в результате неосмотрительно интенсивного или неправильного использования растений и почв. Широко распространился термин "опустынивание", который определяется как процесс глобального нарастания засушливости и деградации агроэкосистем с резким уменьшением урожаев.

Потеря продуктивности почв может оказаться необратимой, что явится угрозой для питания, здоровья и жизни людей. Для разработки программы действий по борьбе с опустыниванием важно собирать и обобщать имеющиеся новые материалы о засушливых территориях и методах борьбы с опустыниванием.

Подготовленный сборник содержит новые данные по аридным регионам СССР и некоторым другим странам, где работали советские специалисты. Подсчеты почвенных ресурсов аридных и полуаридных зон мира в общих чертах известны, однако авторы стремились уточнить эти сведения, подсчитав площади различных пустынных и полупустынных почв, а также площади песчаных массивов различного минералогического состава. Подсчеты были произведены для 80 почвенных единиц по новой почвенной карте мира в масштабе 1:10 млн.

Пустынные почвы Средней Азии охарактеризованы новыми данными о составе минералов илистой фракции, о микроструктуре глинистого вещества, а также о типах солевых профилей и характере скопления карбонатов. Исследование минералогического состава песков Каракумов и Кызылкумов показало, что степень выветрелости песков, состав тяжелых минералов и другие особенности тесно связаны с их возрастом.

Особое место в сборнике занимает капитальная статья о проявлении элементарной цикличности в водном режиме черноземов. Доказано существование 6-7-летней цикличности в водном режиме черноземов, а также возможное существование 20-22-летней цикличности. Статья имеет также методическое значение.

Новые данные по классификации почв и их свойствам содержатся в статьях о почвах Монголии и Афганистана. Авторы, исследовавшие степные и пустынные почвы МНР, относят их к типу каштановых, бурых и серо-бурых и устанавливают их фациальную специфику. Эти почвы обычно щебнисты, маломощны и содержат меньше карбонатов

кальция и легкорастворимых солей по сравнению с такими же типами почв в СССР. Серо-бурые пустынные почвы Афганистана отличаются от серо-бурых почв советской Средней Азии невысокой карбонатностью и более заметным оглинением в горизонте В. Некоторые почвы Индии, Кении, Афганистана охарактеризованы по их продуктивности и геохимическим процессам.

Предложен новый метод создания окультуренных почв путем планировки, рыхления, завоза мелкозема и проведения "осадочного" полива перед посадкой фруктовых деревьев. Исследования химического состава фитомассы и биологического круговорота территории пустыни Тар позволили сделать вывод о целесообразности отнесения территории Тар (Раджпутаны) к зоне сухих саванн с коричневыми почвами, а не к пустыням, как это считалось ранее. Опустынивание этой саванны вызвано человеком.

В одной из статей сборника проанализированы микроморфологические признаки пустынных почв и рассмотрено значение этих признаков при изучении генезиса почв (сероземов, такыров, серо-бурых, коричневых и лёссов).

Успехи в области обзорной картографии и классификации почв в Казахстане и республиках Средней Азии освещены на основании новых почвенных карт, опубликованных за последние годы.

В сборнике освещаются также новые пути освоения почв в "жестких" условиях полупустынь. Таковы результаты работ по использованию артезианских вод для орошения с помощью широкозахватных дождевальных машин. Показано, что орошение водами артезианских бассейнов значительно увеличивает производство кормов, зерна, овощей в совхозах Казахстана.

На бесплодных почвах типа серо-бурых гипсовых, неразвитых щебнистых, на солончаках произведены исследования по выращиванию диких кормовых трав (кохия, пырей) и кустарников (кандым, каллигонум); изучены условия произрастания саксаула. Все указанные растения могут существовать на мало пригодных для орошения почвах и давать ценную биологическую кормовую продукцию. Предлагаемый метод создания саксауловых "лесных полос" позволяет улучшать пастбища, так как под защитой саксауловых насаждений произрастает полынно-эфемеровая растительность повышенной продуктивности.

В.А. Ковда

*Е.В. Лобова, А.В. Хабаров*

# ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ АРИДНЫХ И ПОЛУАРИДНЫХ ЗОН МИРА

В мировом земледелии намечается тенденция к использованию аридных территорий, где находится самый крупный и еще не полностью освоенный резерв почв – 45 395 700 км$^2$. Эти почвы часто достаточно плодородны. формирование их в районах земного шара, характеризующихся изобилием солнечного света и тепла, обеспечивает длительный вегетационный период, что весьма существенно для возделывания широкого набора пищевых и технических культур. Естественно, что использование аридных и полуаридных почв возможно при правильном орошении (Ковда, 1968).

Распределение аридных почв в целом подчинено биоклиматической зональности и фациальности. Однако при этом границы их не совпадают строго с какими-либо параллелями, так как находятся под отклоняющим влиянием местных факторов. Ширина ареалов аридных почв неодинакова в северных и южных широтах, причем наибольшие отклонения от зонального распространения отмечаются в горных районах. Структура почвенного покрова в горах зависит как от вертикальной зональности, так и от положения крупных внутригорных депрессий и нахождения горного массива на той или иной широте земного шара.

Мы провели подсчет площадей, занятых разными типами и родами почв в аридных областях. Принципы и методы подсчета разработаны Л.И. Прасоловым (1932, 1933, 1941, 1945) и развиты Н.Н. Розовым (1962, 1963).

Подсчет площадей проведен в соответствии с выделами контуров на Почвенной карте мира[1] в масштабе 1:10 000 000. Использовались также материалы сельскохозяйственной статистики. Определения площадей наиболее распространенными способами (весовым, с помощью палетки, планиметра) при громадном количестве мелких контуров оказались очень трудоемкими и недостаточно точными. Поэтому для картометрической работы была применена лабораторная модель электронного картографического плани-

[1] Издание АН СССР и ГУГК. Главный редактор В.А. Ковда, ответственный редактор Е.В. Лобова. Авторский коллектив: В.Д. Василевская, Г.В. Добровольский, Л.А. Дорохов, В.А. Ковда, Е.В. Лобова, Б.Г. Розанов, Н.Н. Розов, Е.М. Самойлова, М.Н. Строганова.

метра (ЭКП)[1]. Впервые такая модель была применена И.М. Комиссаровой (1973). Сущность работы прибора описана в статье В.В.Комиссарова и Н.А. Расположенского (1974).

Электронный планиметр позволяет измерять площади любой конфигурации, начиная с размера 0,3 мм$^2$. Сложность применения ЭКП заключается в специальной подготовке одноцветного варианта карты. На светостоле делается выкопировка на обыкновенной картографической бумаге по выделам почв. Ширина листа 480 мм. На карте выбирается необходимый контур, переносится на этот лист бумаги и заливается равномерно черной тушью. Такую работу надо провести со всеми контурами. К тому же отмечается широта и долгота каждого контура по Гринвичу, чтобы для измеренной площади ввести поправку на проекцию. Только после такой подготовки проводится подсчет на приборе, а затем на ЭВМ по несложной программе количество импульсов пересчитывается в квадратных миллиметрах на карте и в квадратных километрах на местности.

По нашим подсчетам, почвы аридных зон составляют 35,9% площади всех материков. Из них 9 261 200 км$^2$, или 7,3% приходится на почвы пустынь. Наибольшая часть аридных почв находится между 15 и 48° с.ш.

В Африке имеется 14654,1 тыс. км$^2$ аридных почв, что составляет 50,2% площади материка. Эти почвы занимают почти всю северную половину континента. Незначительная площадь пустынных почв находится в южной части Африки.

Аридные почвы Австралии составляют 43,3% площади материка, т.е. 3304,6 тыс. км$^2$. Они приурочены главным образом к центральной части Австралии, к пустыням Западной Австралии, к равнинам междуречья Муррея – Дарлинга, Малли – Вимер, Налларбор.

Аридные почвы также широко распространены в Евразии. На их долю приходится 17992,0 тыс. км$^2$, что составляет 34,9% площади материка. Они в основном расположены на Аравийском полуострове, в Месапотамской низменности, в центральном и южном Иране, в СССР в пустынях Средней Азии и Казахстана, в МНР и КНР, а также в Индии (часть пустыни Тар).

Аридные почвы в Северной Америке занимают 5771,6 тыс.км$^2$, или 28,3% площади континента. Они находятся в пределах внутренних плоскогорий и плато Кордильер, на Великих равнинах, Мексиканском нагорье, в Калифорнийской пустыне.

В Южной Америке территории аридных зон также значительны: они составляют 3673,4 тыс. км$^2$, или 20,8% площади материка. Аридные почвы Южной Америки сосредоточены в пустынях Сечура и Атакама, в Патагонии, Пампе, в южной части Бразильского плоско-

---

[1] ЭКП создан группой автоматизации под руководством Н.А.Расположенского на кафедре геодезии и картографии МГУ. Приносим благодарность авторам модели за предоставленную возможность произвести подсчеты.

горья, Гран-Чако, на нагорных плато Пуна Боливийская и Пуна де Атакама, а также в виде отдельных пятен в районе Каракаса.

Представленные данные являются результатом обобщения материалов. Интересно расшифровать их по детальным подсчетам, произведенным по Почвенной карте мира в масштабе 1:10 000 000 (табл.1). 17 992 тыс. км$^2$ аридных почв Евразии слагаютя из 3,8% суббореальных, 1,5% тропических и 0,6% субтропических пустынь. Кроме того, территории с аридными почвами Евразии заняты бурыми полупустынными карбонатными и слабокарбонатными каштановыми почвами сухих степей, солонцеватыми и слабосолонцеватыми, с гипсом и без гипса. На долю этих всех почв приходится 1 910,9 тыс. км$^2$, или 3,7% от площади материка. Особенно выделяются каштановые и светло-каштановые мучнисто-карбонатные безгипсовые почвы, как менее аридные. Они составляют 869,7 тыс. км$^2$, или 1,7%. С полным основанием к аридным почвам можно отнести и южные черноземы, на долю которых приходится 463,7 тыс. км$^2$, или 0,9% площади континента.

Сухой субтропический пояс в Евразии представлен различными родами и видами коричневых почв, серо-коричневыми и черными субтропическими почвами, сероземами и рендзинами красными. Они занимают 2 459,1 тыс. км$^2$, или 4,8% площади Евразии. В субтропическом поясе выделяются особые почвы - хейлуту и красные средиземноморские на древних корах (225,8 тыс. км2, или 0,4%), как более обеспеченные влагой. В основном субтропические почвы требуют орошения. Они являются самыми плодородными почвами орошаемой зоны. Наиболее благоприятными водно-физическими свойствами характеризуются сероземы благодаря хорошей микроагрегированности частиц. Они в основном отличаются благоприятной для растений реакцией среды и высокой биологической активностью (Ковда, 1968).

В тропическом поясе Евразии наиболее распространены красно-бурые бескарбонатные и бурые субаридные почвы, а также черные тропические мощные (регуры), черные тропические средней мощности (вертисоли), занимающие площадь 2 344,1 тыс. км$^2$, или 4,5%. Вертисоли и регуры широко осваиваются в Индии и Бирме. В Евразии к аридным почвам отнесены некоторые андосоли, площадь которых равна 155,6 тыс. км$^2$, или 0,3%. Области перевеянных и слабо закрепленных песков достигают 2 096 тыс. км$^2$, т.е. 4,1% площади материка. Засоленные почвы занимают территории, равные 825,1 тыс.км$^2$, или 1,6%.

Площадь горных аридных почв составляет 3839,4 тыс. км$^2$, или 7,4%. Среди них выделены: горные каштановые (735,9 тыс. км2, 1,4%), полупустынные и пустынные (495,3 тыс км$^2$, 0,9%), коричневые и сероземы (1277,6 тыс. км$^2$, 2,5%) и высокогорные пустынные (1330,6 тыс. км$^2$, 2,6%).

В Австралии аридные почвы занимают значительные площади (1641,0 тыс. км$^2$, 21,5%) в тропическом поясе, вытянутом с севера на юг. Они здесь представлены преимущественно черными

Таблица 1

Площади аридных почв мира (без островов), тыс. км$^2$

| Индекс | Почвы | Общая площадь | По материкам | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Африка | Австралия | Евразия | Северная Америка | Южная Америка |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| $Ч_1^{мк}$ | Черноземы южные мицеллярно-карбонатные | 26,9 | – | – | 26,9 | – | – |
| $Ч_1$ | Черноземы южные, большей частью солонцеватые | 361,5 | – | – | 361,5 | – | – |
| $Ч_1'$ | Черноземы южные маломощные | 24,2 | – | – | 24,2 | – | – |
| Чл | Лугово-черноземные | 51,1 | – | – | 51,1 | – | – |
| $К_2^{мк}$ | Каштановые мицеллярно-карбонатные и конкреционные | 17,4 | – | – | 17,4 | – | – |
| $К_2^1$ | Каштановые мучнисто-карбонатные безгипсовые маломощные | 378,2 | – | – | 378,2 | – | – |
| $К_1^1$ | Светло-каштановые мучнисто-карбонатные безгипсовые | 491,5 | – | – | 491,5 | – | – |
| $К_2^{сн}$ | Каштановые, большей частью солонцеватые, конкреционно-карбонатные, с гипсом | 540,9 | – | – | 540,9 | – | – |
| $К_1^{сн}$ | Светло-каштановые, большей частью солонцеватые, конкреционно-карбонатные с гипсом | 400,1 | – | – | 400,1 | – | – |
| К | Каштановые карбонатные | 763,9 | – | – | – | 712,1 | 51,8 |
| Кл | Лугово-каштановые | 65,6 | – | – | 65,6 | – | – |
| Кч | Коричневые | 1 982,3 | 44,1 | 454,8 | 489,7 | 514,2 | 479,5 |
| $Кч^в$ | Коричневые выщелоченные | 127,4 | – | – | 14,9 | 37,5 | 75,0 |
| $Кч^к$ | Коричневые карбонатные | 8,1 | – | – | 8,1 | – | – |
| Кч′ | Коричневые малокарбонатные | 209,1 | – | – | 209,1 | – | – |
| $Кч^л$ | Лугово-коричневые | 15,1 | 15,1 | – | – | – | – |
| Кчс | Серо-коричневые | 184,6 | 54,9 | – | 129,7 | – | – |
| Кчс′ | Серо-коричневые мицеллярно-карбонатные | 131,1 | – | – | 131,1 | – | – |
| Бб | Бескарбонатные бурые | 99,2 | – | 88,8 | – | 10,4 | – |
| $Р_з^{кр}$ | Рендзины красные | 35,4 | – | – | 35,4 | – | – |
| $Бр^{кр}$ | Бруниземы красноватые | 414,9 | – | 6,9 | – | – | 408,0 |

Таблица 1 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Бр | Брюниземы | 263,5 | – | – | – | 143,0 | 120,5 |
| $Бр^{в}$ | Брюниземы выщелоченные | 269,4 | – | – | – | 269,4 | – |
| КБ | Красно-бурые бескарбонатные | 138,5 | 52,3 | – | 86,2 | – | – |
| $КБ^{к}$ | Красно-бурые карбонатные | 14,0 | – | 14,0 | – | – | – |
| $КБ^{э}$ | Красно-бурые эутрофные | 184,2 | 69,5 | – | – | 114,7 | – |
| Кб | Красно-бурые субаридные | 4167,1 | 2769,6 | 213,8 | 1183,7 | – | – |
| $Кб^{к}$ | Красно-бурые субаридные с карбонатными конкрециями | 953,1 | 189,2 | 482,8 | 281,1 | – | – |
| $Кб^{сл}$ | Красно-бурые субаридные слитые | 267,6 | – | 267,6 | – | – | – |
| $Кбо^{к}$ | Красно-бурые субаридные на древних корах | 78,8 | 30,5 | 48,3 | – | – | – |
| КС | Красные средиземноморские на древних корах | 378,2 | – | – | 121,1 | 257,1 | – |
| $К^{кр}$ | Красновато-каштановые | 261,1 | – | – | – | 261,1 | – |
| Сбт | Бурые тропические субаридные | 1507,2 | 1439,5 | – | – | – | 67,7 |
| Рг | Реги | 4867,3 | 4867,3 | – | – | – | – |
| Га | Гаммады и пески | 704,3 | – | – | 704,3 | – | – |
| Чст | Черные субтропические | 337,8 | – | – | 36,6 | 301,2 | – |
| Чт | Черные тропические (вертисоли) | 1774,8 | 939,7 | 614,5 | 9,7 | – | 210,9 |
| $Чт^{в}$ | Черные тропические (вертисоли) выщелоченные | 95,6 | – | – | – | 95,6 | – |
| Р′ | Черные тропические (регуры) маломощные | 97,2 | – | – | 97,2 | – | – |
| Р″ | Черные тропические (регуры) мощные | 522,4 | – | – | 522,4 | – | – |
| $Лг^{ч}$ | Черные тропические грунтового увлажнения | 912,6 | 748,8 | – | 163,8 | – | – |
| Сб′ | Бурые полупустынные маломощные безгипсовые | 581,3 | – | – | 581,3 | – | – |
| Сб″ | Бурые полупустынные малокарбонатные малогипсовые | 558,7 | – | – | 1,0 | 557,7 | – |
| $Сб^{сн}$ | Бурые полупустынные конкреционно- и пропитанно-карбонатные с гипсом | 304,6 | – | – | 304,6 | – | – |
| Сбст | Бурые полупустынные субтропические | 1100,9 | 406,1 | – | – | 289,5 | 405,3 |
| Х | Хейлуту | 104,7 | – | – | 104,7 | – | – |
| С | Сероземы | 1410,3 | 461,2 | – | 949,1 | – | – |
| $С^{к}$ | Сероземы повышенно карбонатные | 144,7 | – | – | – | 144,7 | – |

Таблица 1 (окончание)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| С | Сероземы мало-карбонатные | 30,3 | – | – | 30,3 | – | – |
| $С_1$ | Сероземы маломощные | 471,2 | – | – | 179,3 | 291,9 | – |
| Сбл | Лугово-сероземные и лугово-пустынные | 112,3 | 92,3 | – | 20,0 | – | – |
| Пкр | Красноватые пустынные | 483,2 | – | – | – | 483,2 | – |
| Птр | Пустынные красные корковые с дифференцированным профилем | 211,4 | – | 211,4 | – | – | – |
| $Сб^{кр}$ | Серо-бурые и красные карбонатные маломощные | 551,3 | – | 220,3 | 292,9 | 38,2 | – |
| $П^{кб}$ | Пустынные красно-бурые с гипсовыми корами | 57,1 | – | – | 57,1 | – | – |
| СБ | Серо-бурые | 669,5 | – | – | 669,5 | – | – |
| СБ | Серо-бурые мало-карбонатные | 832,3 | – | – | 832,3 | – | – |
| Тв | Такыровидные | 155,4 | – | – | 155,4 | – | – |
| Пп | Пустынные примитивные | 67,5 | – | – | 67,5 | – | – |
| $Пп^{а}$ | Примитивные пустынные крайне аридные | 661,9 | – | – | 249,5 | – | 412,4 |
| | Пески кварцево-полимиктовые | 1342,6 | 70,0 | – | 1272,6 | – | – |
| | Пески засоленные приморские | 94,6 | 55,1 | 15,2 | 19,5 | – | 4,8 |
| | Пески нерасчлененные | 872,8 | 68,9 | – | 803,9 | – | – |
| | Пески кварцевые карбонатные | 1413,0 | 1413,0 | – | – | – | – |
| Тк | Такыры | 11,3 | – | – | 11,3 | – | – |
| Сн | Солонцы | 659,0 | 14,6 | – | 382,6 | 107,6 | 154,2 |
| Сд | Солоди | 522,0 | – | 490,5 | – | 31,5 | – |
| Ск | Солончаки | 729,8 | 164,6 | 90,2 | 334,8 | 9,9 | 130,3 |
| $Ск^{ш}$ | Шоры (себхи) | 139,1 | – | – | 96,4 | – | 42,7 |
| Ан | Андосоли | 461,5 | 156,2 | 3,2 | 142,7 | 38,3 | 120,1 |
| $Ан^{н}$ | Андосоли насыщенные | 16,6 | – | – | – | 16,6 | – |
| $Ан^{бр}$ | Андосоли брюнифицированные | 12,9 | – | – | 12,9 | – | – |
| Гк | Горные каштановые | 735,9 | – | – | 735,9 | – | – |
| Гсб | Горные бурые полупустынные | 341,1 | 20,7 | – | 179,2 | 5,4 | 135,8 |
| Гпс | Горные пустынные | 774,5 | 144,3 | – | 316,1 | 78,6 | 235,5 |
| Гкч | Горные коричневые | 2082,0 | 290,4 | 82,3 | 744,5 | 680,9 | 283,9 |
| $Гкч^{в}$ | Горные коричневые выщелоченные | 289,4 | – | – | 55,5 | 233,9 | – |
| Гскч | Горные серо-коричневые | 122,6 | 76,2 | – | – | 46,4 | – |
| Гс | Горные сероземы | 477,6 | – | – | 477,6 | – | – |
| ВГпс | Высокогорные пустынно-степные | 817,3 | – | – | 636,0 | – | 181,3 |
| ВГп | Высокогорные пустынные | 848,3 | – | – | 694,6 | – | 153,7 |

тропическими (вертисоли), красно-бурыми карбонатными и субаридными, которые формируются часто на древних латеритных корах в условиях современной сиаллитизации. Среди субтропических почв Австралии встречаются своеобразные бурые бескарбонатные, а также коричневые почвы (malle soils) и брюниземы красноватые, общая площадь которых равна 550,5 тыс. км$^2$, или 7,2%.

К пустынным почвам отнесены красные корковые почвы тропических пустынь, серо-бурые, красные карбонатные маломощные и почвы субтропических пустынь. На долю этих почв приходится 431,7 тыс. км$^2$, что составляет 5,7% площади континента. В Австралии иногда встречаются пески, андосоли (0,2%), широко распространены солоди, солончаки и шоры, общая площадь которых 580,7 тыс. км$^2$, или 7,6%. Образование солодей связано с эоловым и водным приносом морских солей.

В группу аридных горных почв включены только коричневые почвы, площадь которых небольшая – всего 82,3 тыс. км$^2$, или 1,1%.

В Африке, так же как и в Австралии, самые большие площади аридных почв находятся в тропическом поясе. Здесь развиты главным образом бурые и красно-бурые субаридные и в меньшей степени черные тропические (вертисоли), красно-бурые бескарбонатные и эутрофные почвы. Все они формируются в условиях значительной аридности. Эти почвы часто образуют сочетания. Площадь тропических аридных почв 6 239,1 тыс. км$^2$, или 21,3%.

Субтропические почвы – коричневые и сероземы – занимают наименьшую площадь (1 073,7 тыс. км$^2$, или 3,8%) в пределах аридных районов, где они приурочены преимущественно к северной части материка. Южнее распространяются реги (16,7% площади материка) – почвы тропических пустынь, которые с 18–20° с.ш. примыкают к тропическим почвам. В пределах суббореального теплоумеренного пояса к аридным зонам отнесены широко распространенные пески (1 607,0 тыс. км$^2$, или 5,5%) и небольшие территории с андосолями (156,2 тыс. км$^2$, или 0,5%) и засоленными почвами (солонцы и солончаки); площадь последних равна 179,2 тыс. км$^2$, или 0,6%.

Площадь горных аридных почв в Африке составляет 531,6 тыс.км$^2$, или 1,8%. К ним отнесены полупустынные и пустынные (165,0 тыс.км$^2$, или 0,6%), а также коричневые почвы (366,6 тыс. км$^2$, или 1,2%).

В Северной Америке аридные почвы сосредоточены в западной части. Самые обширные площади, равные 2665,3 тыс. км$^2$, или 12,2%, заняты субтропическими почвами: коричневыми, красными средиземноморскими на древних корах, красно-каштановыми, бурыми полупустынными, бескарбонатными сероземами и черными субтропическими.

Наименьшие площади, всего 210,3 тыс. км$^2$, или 1,3% занимают тропические аридные почвы – красно-бурые эутрофные и тропические вертисоли. Незначительно распространены почвы субтропических пустынь – красноватые пустынные, серо-бурые и красные

карбонатные маломощные, площадь которых составляет 521,4 тыс.км$^2$, или 2,5%. Менее распространены аридные почвы каштановые карбонатные и бруниземы суббореального теплоумеренного пояса, они занимают 1124,5 тыс. км$^2$, или 5,4%. Наиболее обеспечены влагой бруниземы (кукурузный пояс США). В аридной зоне Северной Америки иногда встречаются андосоли (55,9 тыс. км$^2$, или 0,3%) и засоленные почвы (149,0 тыс. км$^2$, или 0,7% площади материка).

К горным аридным почвам Северной Америки отнесены полупустынные, пустынные и коричневые почвы, занимающие значительную площадь – 1045,2 тыс. км$^2$, или 5,1% площади континента.

В Южной Америке наибольшие площади аридных равнинных территорий находятся в субтропическом поясе, вытянутом с севера на юг. Здесь распространены красноватые бруниземы, коричневые и бурые полупустынные субтропические почвы, которые обычно быстро сменяются одна другой. Общая площадь субтропических аридных почв 959,8 тыс. км$^2$, или 5,4%. Меньшие площади, равные 278,6 тыс.км$^2$, или 1,6%, занимают субаридные почвы тропического пояса – бурые тропические и вертисоли. В суббореальном теплоумеренном поясе встречаются лишь каштановые карбонатные и бруниземы, их площадь 580,3 тыс. км$^2$, или 3,3%, причем основные территории с бруниземами являются наиболее увлажненными. Почвы суббореальных пустынь представлены примитивными пустынными, крайне аридными родами; общая площадь их 412,4 тыс. км$^2$, или 2,3%. В южной части Южной Америки констатированы значительные площади засоленных почв – 327,2 тыс. км$^2$, или 1,9%, а также андосоли и пески – 124,9 тыс. км$^2$, или 0,7%. В пределах аридных горных районов развиты полупустынные, пустынные, коричневые и высокогорные почвы. Их общая площадь составляет 990,2 тыс. км$^2$, или 5,6% площади материка.

Изложенное позволяет сделать следующие выводы. Проведенный подсчет площадей в пределах аридных и полуаридных зон на основе Почвенной карты мира масштаба 1:10 000 000 дает наглядное представление о количественных закономерностях распределения весьма разнородных почв.

Общая площадь аридных и полуаридных почв равна 45 395,7 тыс.км$^2$, что составляет 35,9% площади всех континентов. Из них на долю горных аридных почв приходится 6 488,7 тыс. км$^2$, или 5,1%. Всего нами выделена 81 номенклатурная единица.

Получены данные по площадям обширных биоклиматическх поясов (формаций), а также подсчитаны фациальные подтипы и типы почв, почвы с древними корами, с остаточными чертами гидроморфизма, тропические пустынные и горные почвы (с детальными подразделениями). Кроме того, приведены подсчеты площадей почв, которые ранее не показывались на обзорных картах и которые в настоящее время показаны на почвенной карте ФАО (1974–1975 гг.) и на Почвенной карте мира, опубликованной в СССР (1976 г.)

Таким образом, мы получили цифровое значение площадей почв, выделенных согласно концепции, лежащей в основе новой Почвенной карты мира.

Количественная оценка почв является одним из этапов работ по уточнению земельных ресурсов аридных областей на Земле.

## ЛИТЕРАТУРА


Ковда В.А. Почвы аридной зоны. – В кн.: Почвы аридной зоны как объект орошения. М., "Наука", 1968.

Комиссаров В.В., Расположенский Н.А. Автоматизация измерения площадей на картах по цветовым признакам. – Вестник МГУ, 1974, № 6.

Комиссарова И.М. Вопросы методики составления мелкомасштабных почвенных карт. Автореф. канд. дисс. М., 1973.

Прасолов Л.И. Площади почв и угодий СССР. – Природа, 1932, № 4.

Прасолов Л.И. Земельный фонд для растениеводства в СССР с точки зрения географии почв. – В кн.: Растениеводство СССР. Т. 1, ч. 1. М.–Л., Изд-во АН СССР, 1933.

Прасолов Л.И. Земельные богатства СССР. – Советская наука, 1941, № 3.

Прасолов Л.И. География и площадь распространения типов почв. – Почвоведение, 1945, № 3–4.

Розов Н.Н. Общий учет и качественная характеристика земельных ресурсов СССР. – В кн.: Проблемы почвоведения. М., Изд-во АН СССР, 1962.

Розов Н.Н. Почвенная характеристика земельных ресурсов. – В сб.: Природные ресурсы Советского Союза, их использование и воспроизводство. М., Изд-во АН СССР, 1963.


## ABSTRACT


Areas occupied by arid and semiarid soils were calculated on the basis of the new World Soil Map. Arid and semiarid soils are represented by 81 mapping units; their areas were calculated by a new electronic planimeter. Data obtained permitted to discuss both qualitative and quantitatave aspects of the soil cover diversity. Tables with the results of calculations for the majority of soils are given.

*Е.В. Лобова, Н.В. Кимберг, П.А. Керзум,*
*А.П. Лавров, А.М. Мамытов, У.У. Успанов*

## НОВЫЕ ПОЧВЕННЫЕ КАРТЫ АЗИИ

Классификация и картография почв мира и материков всегда привлекала творческую мысль почвоведов. Первая схема мирового распределения почв была составлена В.В. Докучаевым.

Работы по мировой картографии почв после Докучаева возглавлялись и продолжались К.Д. Глинкой, Л.И. Прасоловым, И.П. Герасимовым (с участием М.А. Глазовской, А.А. Ерохиной, Е.В. Лобовой, Н.Н. Розова, В.М. Фридланда, З.Ю. Шокальской). В 1956 г. на Парижском конгрессе почвоведов идею создания почвенной карты мира на основе коллективных усилий разных стран выдвинул В.А. Ковда.

В 1960 г. ФАО–ЮНЕСКО и Международное общество почвоведов начали работы по составлению новой почвенной карты мира и согласованной номенклатуры почв под руководством Специального комитета, который возглавил В.А. Ковда. От СССР в состав комитета входили И.В. Тюрин, И.П. Герасимов и Е.В. Лобова.

Идея составления почвенных карт для стран Азиатского материка принадлежала С.С. Неуструеву. Эта идея после смерти Неуструева была осуществлена Б.Б. Полыновым и его сотрудниками для некоторых стран Азии за период 1930–1941 гг.

За период 1971–1975 гг. в СССР опубликованы три карты, посвященные почвам Азии. Приведем их характеристики.

I. Почвенная карта Азии в масштабе 1:6 000 000 разрабатывалась в АН СССР и в Почвенном институте им. В.В. Докучаева под редакцией В.А. Ковды и Е.В. Лобовой. В редакционную коллегию при составлении карты входили: Е.Н. Иванова, В.А. Ковда, Е.В. Лобова, В.А. Носин, Н.Н. Розов, Е.Н. Руднева, С.А. Шувалов.

Первый авторский макет почвеннной карты Азии был доложен В.А. Ковдой и Е.В. Лобовой на VII Международном конгрессе почвоведов в США (1960 г.).

Широкое обсуждение первого макета почвенной краты было проведено в Ташкенте в 1962 г. на Международном симпозиуме с участием почвоведов из стран Азии.

В 1964 г. в Атласе ФГАМ был опубликован сокращенный вариант почвенной карты Азии в масштабе 1: 20 000 000 (под редакцией В.А. Ковды и Е.В. Лобовой). Редактором всей серии карт был И.П. Герасимов.

В 1968 г. был закончен третий авторский оригинал почвенной карты Азии в масштабе 1:6 000 000. На IX Международном конгрессе почвоведов в Австралии (1968 г.) была представлена легенда

этой карты и проведено сопоставление ее с легендой, составленной ФАО для будущей почвенной карты мира. Доклад был сделан В.А. Ковдой.

В 1971 г. почвенная карта Азии с легендой на русском и английском языках вышла из печати. В известном смысле эта карта является частью Международного проекта ФАО–ЮНЕСКО "Почвенная карта мира". Вместе с тем она отражает представления советских почвоведов о почвах Азии. При составлении карты были использованы советские и зарубежные почвенные карты, а также исследования советских почвоведов за рубежом.

В основу легенды были положены следующие принципы: 1) рациональное обобщение и трактовка разнообразных и разномасштабных легенд на почвенных картах СССР и стран Азии; 2) выразительный и точный (согласно масштабу) показ главных и характерных почв Азии; 3) выделение почв по их свойствам и генезису; 4) учет природных и сельскохозяйственных особенностей территории; 5) широкий учет биоклиматических и региональных факторов сезонности в климатическом режиме, а также группировка почв в легенде по свойствам, которые определяют их зональную и фациальную принадлежность.

Группировка почв по зональным и провинциально–фациальным свойствам имеет большое значение для общей оценки плодородия почв и возможностей их использования.

Советские почвоведы этим трудом выполнили предложение Международного консультативного комитета по проекту "Почвенная карта мира", согласно которому почвоведам СССР было предложено составить почвенную карту Азии.

II. Почвенная карта Средней азии в масштабе 1:2 500 000 опубликована Институтом агрохимии и почвоведения АН СССР и ГУГК в 1971 г. Над картой работали: Н.В. Кимберг, П.А. Керзум, А.П.Лавров, Е.В. Лобова (ответственный редактор), А.М. Мамытов, Г.И.Ройченко.

Начало почвенных работ в Средней Азии было положено тремя "самарскими почвоведами" – С.С. Неуструевым, Л.И. Прасоловым и А.И. Бессоновым. Работы С.С. Неуструева были посвящены горным и пустынным территориям. Л.И. Прасолов руководил исследованиями в Северном Казахстане (почвенно–ботаническое бюро) и опубликовал в 1926 г. монографию "Почвы Туркестана". А.И. Бессонов работал в Семиречье, с 1918 г. и до конца жизни он прожил в Казахстане.

В 1920 г. в Ташкент выехала группа специалистов для создания Среднеазиатского государственного университета (САГУ). В эту группу вошли почвоведы М.А. Орлов, Н.А. Димо, а также ботаники И.А. Райкова, В.П. Дробов, Е.П. Коровин.

Очень быстро почвоведы – М.А. Орлов и Н.А. Димо – привлекли помощников, ставших впоследствии известными почвоведами и создавшими свою школу. Это были Н.В. Богданович, М.Н. Воскресенский, Б.В. Горбунов, Н.В. Кимберг, М.А. Панков, С.Н. Пустовойт, А.Н.Розанов, С.А. Шувалов.

Одновременно формировались Почвенно-ботанические бюро (в Казахстане), а также землеустроительные экспедиции для почвенно-оценочных работ.

Номенклатура почв, их классификация и систематика в Средней Азии достаточно разработаны, так как проводились комплексные экспедиции, совещания (хлопкосеющих республик, Комиссии по изучению и освоению пустынь Средней Азии и Казахстана), экскурсии по согласованию классификаций, совместные картосоставительские работы, а также организовывались экспедиции для международных симпозиумов и X Международного конгресса почвоведов.

Почвы в легенде сгруппированы по крупным геоструктурным областям, внутри этих областей – по зонам и провинциям. На карте показаны: 1) почвы аллювиальных равнин – такыровидные и такыры, иногда серо-бурые; 2) почвы плато серо-бурые; 3) разновозрастные пески; 4) сероземы, образующие ступени под горами; 5) горные, сложно построенные области.

Таким образом, фактический материал подтверждает правильность выделения на карте карбонатной и малокарбонатной провинций пустынных почв и сероземов.

Серо-бурые пылеватые почвы, по данным Е.В. Лобовой, показаны на плато Каплан-Кыр. По-видимому, они связаны с сильной дегидратацией гипса.

Исследованиями А.П. Лаврова (1973) и Е.В. Ларина (1967) обнаружены малокарбонатные почвы в Заунгузье. Это песчаные и супесчаные серо-бурые почвы с ярко окрашенным оглиненным красно-бурым горизонтом В. Каракумские песчаные почвы содержат 10% карбонатов (в $CO_2$), а заунгузские – 2,0-2,5%.

На карте показаны четыре типа песков разного возраста (по Б.А. Федоровичу). По мере старения и перевевания пески теряют соли (в первую очередь выносятся сульфаты, как наиболее легкие), а также ожелезняются – покрываются железистыми пленками и приобретают все более желтый, до красноватого, цвет (железисто-глинистые пленки). В соответствии с этим проведено следующее деление песков: 1) пески приморские, новокаспийские, серого цвета, содержащие соли и обломки ракушек, с примитивным почвообразованием; 2) пески на четвертичных аллювиальных отложениях Амударьи и других рек – желтые, не всегда засоленные, перевеянные и закрепленные, с песчаными пустынными почвами; 3) пески на плиоценовых древнеаллювиальных отложениях – более красноватого оттенка; местами наблюдается формирование серо-бурых почв; 4) пески на палеогеновых и более древних породах. Они обычно менее мощные, бывают засоленными и щебнистыми. Детальная разработка классификации орошаемых почв произведена в Узбекистане. Это нашло отражение в легенде в рамках масштаба карты.

Горные области на представленной карте показаны с учетом новых данных киргизских, узбекских и таджикских почвоведов. Система показа вертикальной смены почв в горах особенно детально разработана в Киргизии. Так, киргизскими почвоведами устанавливается

обычная смена почвенных зон по склонам, смена в пределах обширных внутригорных впадин в зависимости от их абсолютной высоты и внутривпадинного климата, а также специфика почвообразования на высоких сыртовых нагорьях. Общая характеристика указанной структуры почвенного покрова, по А.М. Мамытову, следующая. На картах отражается вертикальная поясность, согласно которой выделяются почвы подгорных равнин и низких предгорий, горно-равнинные почвы и собственно горные почвы, развивающиеся по горным склонам. Накопленные фактические материалы по почвенному покрову низких предгорий, равнинных, предгорно-равнинных, горно-равнинных и склоновых территорий показали существенные различия в генезисе, свойствах и хозяйственном использовании почв этих крупных ландшафтов. Опыт составления почвенной карты горных территорий Средней Азии, Южного и Восточного Казахстана подтвердил правильность подобного подхода к группировке почв, показываемых на почвенных картах.

Почвы подгорных равнин и низких предгорий по условиям формирования занимают промежуточное положение между равнинными и горными почвами, так как здесь наряду с аккумулятивными процессами происходит и денудация. Наблюдается влияние горных условий на почвообразование.

Почвы межгорных впадин и нагорий, окруженных мощными горными хребтами и высоко приподнятых над уровнем моря, формируются в основном на продуктах разрушения горных пород, которые в процессе денудации периодически аккумулируются, обновляя почвообразующие породы, что создает прерывистость почвообразования и приводит к возникновению особых слоистых и погребенных горизонтов. Эти почвы характеризуются неполноразвитым почвенным профилем, большой скелетностью, особым составом гумуса и карбонатным режимом.

Почвы горных склонов – это "настоящие" горные почвы, которые формируются под влиянием господствующей денудации, в результате которой преобладает механический и геохимический вынос веществ, передвижение почвенных и минеральных масс, создающих предпосылки для образования маломощного, часто неполноразвитого скелетного профиля.

На почвах горных склонов часто наблюдается боковое передвижение веществ. На формирование почвенного покрова Тянь-Шаня существенно влияет сезонная и многолетняя мерзлота. Указанные выше отличия не дают основания для объединения таких почв, как каштановые, черноземы и другие горные почвы с аналогичными почвами равнин.

Институтом почвоведения Киргизии проведены комплексные стационарные наблюдения на сыртовом нагорье, описаны своеобразные мерзлотные карбонатные степные и пустынные почвы. В связи с этим на почвенной карте для горных районов отчетливо выделяются по составу почв следующие фации: 1) туранская – с сероземами, коричневыми почвами и со слабо выраженным альпийским поясом (туранскую фацию можно делить на более гумидную с черно-бурыми почва-

ми и аридную с сероземами); 2) казахстанская – с малокарбонатными сероземами, каштановыми почвами, черноземами и альпийскими почвами; 3) центральноазиатская – почвы мерзлотные, оторфованные, карбонатные с голыми скалами и ледниками.

Еще в 1965 г. Е.В. Лобова обратила внимание на образование слитых глыбистых горизонтов в сильно переувлажняемых (хаковых) такырах без солонцеватости, а также на формирование слитых почв сероземного типа на верхних террасах Атрека, в юго-западной Туркмении. Эти слитые атрекские почвы показаны на карте Средней Азии и рассматриваются Е.В. Лобовой как северный аванпост субтропического процесса – образование разбухающих глин. Исследования Н.Г. Минашиной в дельте Мургаба показали, что в илистой фракции пустынных почв преобладают монтмориллонит-гидрослюдистые минералы, а в более древних почвах появляется палыгорскит. Н.Г. Минашина объясняет распыленность такыров присутствием палыгорскита (палыгорскит, по Минашиной, препятствует коагуляции коллоидов даже на солевом фоне).

Обзор карты позволяет подтвердить еще некоторые общие положения: обширные аллювиальные равнины опустыниваются; пустынное почвообразование, приводящее к пылеобразованию, обусловливает вынос пыли и оседание ее вдоль горных барьеров (Кимберг, 1974; Лобова, 1965). Хорошо видно, что почвы на лёссах окружают горы. Известно, что в раннечетвертичное время ледники были более широко распространены и при их таянии под горами был отложен флювиогляциальный материал, на котором образовались почвы подгорных равнин, поэтому образование лёсса вряд ли можно связывать только с эоловым происхождением.

Гипс в почвах и грунтах Средней Азии можно классифицировать на высоком таксономическом уровне следующим образом (Лобова, 1960): а) гипс остаточный морского происхождения, б) гипс на подгорных равнинах – "сазовый", выпадающий из грунтовых потоков; в) гипс гидроморфно-солончаковый – в шорах; г) гипс в профиле почв, образующийся при почвообразовании в автоморфных условиях, при слабом дренировании.

Морское происхождение гипса на плато Каплан-Кыр подтверждается нахождением микрофауны фораминифер в подпочвенном гипсе серо-бурой почвы. Это, с нашей точки зрения, еще раз показывает, что формирование шестоватого гипса не синхронно с образованием серо-бурой почвы. Поэтому часто применяемое название "гипсоносная почва" не соответствует сути явления, так как серо-бурые почвы не содержат в себе этот гипс, а сформированы на нем и на тех рыхлых породах, которые образовались после отложения гипсовых слоев, возможно, за счет выветривания первичных минералов, содержащихся в отложениях гипса (Лобова, 1965).

III. Новая почвенная карта КазССР (1976 г., Изд. ГУГК) в масштабе 1:2 500 000 составлена под редакцией У.У. Успанова (ответственный редактор), Ю.Г. Евстифеева, Д.М. Стороженко. Составители карты: Ю.Г. Евстифеев, М.К. Колходжаев, Н.И. Котин, А.М.Кур-

мангалиев, А.Г. Новикова, В.В. Редков, А.А. Соколов, С.И. Соколов, Д.М. Стороженко, У.У. Успанов, К.Ш. Фаизов, Ю.В. Федорин. Консультант Е.В. Лобова.

Метод создания обзорных почвенных карт для подведения итогов проведенных исследований, а также для выявления новых проблем стал в известной степени традицией русской картографической школы. Такая традиция развивалась и в Казахской ССР. Первая обзорная карта в масштабе 1:2 000 000 была издана в Казахстане в 1935 г. под редакцией Л.И. Прасолова. Над картой работали С.П. Матусевич, И.А. Бесполуденов, А.М. Петелина.

На этой карте были обобщены и сведены имевшиеся к тому времени представления о почвенных типах и их распространении, что позволило провести на большой территории границы почвенных зон с выделами главных типов почв, с их характеристиками по солонцеватости, засоленности, гидроморфности и механическому составу. Ко времени составления этой картографической сводки уже имелись некоторые съемки по зерносовхозам, животноводческим совхозам и проводилось сплошное землеустройство с составлением почвенно-бонитировочных планов. Кроме того, были уже опубликованы результаты экспедиций АН СССР, САГУ, а также классические работы Переселенческого управления и сводки С.С. Неуструева (Почвы хлопковых районов Туркестана, 1927 г.) и Л.И. Прасолова ("Почвы Туркестана", 1926 г.). В то же время И.В. Ларин проводил работы в Уральской области ("Почвы, растительность и естественные районы Уральского округа". Л., 1929), К.П. Горшенин – в Западной Сибири и Северном Казахстане; была также напечатана геоботаническая карта Казахстана под редакцией И.М. Крашенинникова.

Публикация Почвенной карты КазССР в масштабе 1:2 000 000 позволила У.У. Успанову при участии С.П. Матусевича и А.М. Петелиной произвести учет "земельных фондов" Казахстана (1942 г.) с районированием территории. Эта работа сопровождалась организацией опытных участков в промышленном районе Джезказгана. К этому же периоду относится работа по борьбе с засолением (Шаульдерская опытная станция) и по составлению агрохимических карт.

В 1940–1941 гг. были начаты коллективные работы по составлению почвенных карт КазССР. Эти работы велись в основном силами почвоведов Казахстана при участии некоторых почвоведов Почвенного института им. В.В. Докучаева под руководством и под редакцией Л.И. Прасолова и И.П. Герасимова. Наряду с почвенно-картографической работой ставились научно-методические и тематические задачи. Главное участие в указанных исследованиях принимали А.И. Бессонов, И.П. Герасимов, М.А. Глазовская, Е.В. Лобова, С.П. Матусевич, А.М. Петелина, Б.Ф. Петров, Н.Н. Розов, Д.М. Стороженко, А.А. Соколов, С.И. Соколов, У.У. Успанов.

Материалы, собранные и опубликованные этими почвоведами, а также почвенные съемки по районам и колхозам послужили основанием для создания в 1946 г. новой обобщенной карты в масштабе 1:2 500 000. Автор карты – Е.В. Лобова, редактор – И.П. Гераси-

мов. Естественно, что собранная за 11 лет информация позволила увеличить детальность карты по сравнению с картой 1935 г., появились новые возможности для показа специфики распространения и формирования почвенного покрова в Казахстане.

При выделении контуров использовались новые гипсометрические и геологические карты. Неоднородность почвенного покрова была показана не только в связи со сменой на равнинах, но и путем "типизации почвенных комплексов", разграничения почвенных комплексов (по микрорельефу) и почвенных сочетаний (по мезорельефу). В основу таких подразделений был положен генезис комплексов, что тесно увязывалось с характером почв, входящих в их состав. Сочетания почв характеризовали неоднородность почвенного покрова по крупным контурам. Описанная карта была использована при выделении целинных и залежных земель. Эта карта служила почвоведам 28 лет (1948–1976 гг.), так как только в 1976 г. в Казахстане создали новую почвенную карту в том же масштабе (1:2 500 000).

Отличие указанной карты от предшествующей заключается в следующем: был осуществлен более детальный показ выделов почв – 128 вместо 82. Для почв равнин выделен особый род фосфоритных каштановых почв и в пределах всех зон показаны щебнистые слаборазвитые почвы. Существенным является подразделение почв по типу макрорельефа, т.е. признана специфика почвообразования в пределах островных низкогорий, предгорных и подгорных равнин, горных территорий. Подразделение зональных почв в легенде не подвергалось изменениям. Для горных почв выявлена бóльшая детальность (18 вместо 14) путем показа сочетаний и дробного деления горно-лесных почв на темноцветные, кислые неоподзоленные, скрытоподзоленные, дерновые (лесо-луговые). Вместо 19 типов комплексов почв выделено 30, причем приводится процентное содержание компонентов комплекса. Это развивает принцип типизации комплексов, заложенный в почвенной карте 1948 г. Однако при такой типизации не учтен опыт старой карты, где мы дали группировку типов комплексов по генезису, показав в форме особых сеток следующие комплексы: степные, эрозионные, эрозионно-засоленные, гидроморфные, пустынные (термические).

Другое нововведение, примененное на новой почвенной карте Казахстана, – это выделение почв по макрорельефной структуре территории. При этом показе разработана особая система использования фигурных сеток, применявшаяся впервые на Государственной почвенной карте, а нами принятая для более четкого выделения неоднородности почвенного покрова по макроструктуре рельефа и пород, что отграничивает почвы мелкосопочных, прикаспийских, подгорных равнин. Таким образом, новая карта содержит детализацию, имеющую практическое и теоретическое значение. Она может служить современной основой для районирования территории и более детального учета почвенных ресурсов.

В целом рассмотрение перечисленных карт, истории их создания показывает развитие картографии почв в Средней Азии и Казахстане, что явилось результатом запросов практики по освоению и учету земельных ресурсов. Усложнение и детализация почвенных карт происходили по мере расширения детальных съемок и развития сопредельных дисциплин – геологии, географии, геоботаники. Вместе с тем на картах и в легендах к ним отражены новые идеи по генезису и классификации почв южных регионов.

ЛИТЕРАТУРА


Богданович Н.В. Почвы Узбекистана. – В кн.: Узбекистан. Труды и материалы первой конференции по изучению производительных сил Узбекистана, т. 3. Л., 1939.

Боровский В.М. Проблемы освоения и мелиорации земель в пустынных районах Казахстана. – Почвоведение, 1957, № 4.

Генезис, классификация и качественная характеристика почв Казахстана. Алма-Ата, "Наука", 1972.

Генусов А.З., Горбунов Б.В., Кимберг Н.В. Почвенная карта Узбекской ССР м-ба 1:1 500 000. Узб. АСХН, 1960.

Герасимов И.П. О почвенно-климатических фациях равнин СССР и прилегающих стран. – Труды Почв. ин-та В.В. Докучаева, вып. 5. Л., 1933.

Герасимов И.П. Происхождение природы современных географических зон на территории СССР. – Изв. АН СССР, серия геогр., 1951, № 2.

Горбунов Б.В. Почвы богарной зоны Узбекистана. Узб. АСХН, 1960.

Горбунов Б.В., Кимберг Н.В. К вопросу о границе между широтными почвенными зонами и высотными почвенными поясами в Средней Азии. – Почвоведение, 1961, № 11.

Димо Н.В. Институт почвоведения и геоботаники САГУ, к 10-летию Октябрьской революции. Ташкент, 1927.

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

Иванова Е.Н. и др. Поливные почвы низовьев р. Аму-Дарьи. СОПС. Серия казахстанская, вып. 2. Л., 1933.

Кимберг Н.В. Почвы пустынной зоны Узбекистана. Ташкент, Узб. ФАН ССР, 1974.

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

Ковда В.А. Основы учения о почвах, кн. 1, 2. М., "Наука", 1973.

Лавров А.П. Почвенный очерк Заунгузских Каракумов, Ашхабад, "Ылым", 1973.

Ларин Е.В. Почвы кыровых гряд южной части Заунгузских Каракумов. Проблемы освоения пустынь, № 4. Ашхабад, 1967.

Лобова Е.В. Почвенная карта Казахстана. – Почвоведение, 1944, № 7-8.

Лобова Е.В. Почвы пустынной зоны СССР. М., Изд-во АН СССР, 1960.

Лобова Е.В. Классификация пустынных почв суббореального пояса. – В кн.: География и классификация почв Азии. М., "Наука", 1965.

Мамытов А.М. Почвенная карта Каргизской ССР. Серия биологич. наук, т. II, вып. 1 (почвоведение). Фрунзе, Изд-во АН Кирг. ССР, 1960.

Проблемы преобразования природы Средней Азии. М., "Наука", 1967.

Почвы Узбекской ССР, т. 1–3, Ташкент, Изд–во АН Узб.ССР, 1949, 1957, 1964.
Успехи почвоведения в Казахстане. Алма–Ата, "Наука", 1975.
Шувалов С.А. Географо–генетические закономерности формирования пустынно–степных почв на территории СССР. – Почвоведение, 1966, № 3.

## ABSTRACT

Main properties of the following maps are described: Asia, scale :6 000 000; Central Asia, scale 1:2 500 000; Kazakhstan, scale 1:2 500 000. The history of their creation is described. The scientific importance of each map is considered with the help of evaluating the concepts, serving a basis for the legend structure.

*В.В. Герцык, А.А. Роде*

# О ПРОЯВЛЕНИИ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ В ВОДНОМ РЕЖИМЕ ПОЧВ

За последние десятилетия изучение водного режима почв все чаще и чаще сопровождается анализом многолетнего хода количества атмосферных осадков в целях выявления их многолетней цикличности.

Этот анализ имеет две главные задачи. Первой из них является установление того, на какую фазу многолетнего цикла – повышенного или пониженного атмосферного увлажнения – приходится период наблюдений над водным режимом почв. Эта задача решается легко при наличии данных о многолетнем ходе количеств атмосферных осадков за достаточно длительный период, предшествующий началу наблюдений над водным режимом почв.

Вторая задача заключается в установлении цикличности явлений, из которых слагается сам водный режим почв: накопление влаги в почве, ее расход, осенний дефицит влаги и т.д. Для исследования этих явлений особенно большое значение имеет выявление коротких циклов, продолжительностью 2–10 лет. Решение этой задачи более трудное. Суммы атмосферных осадков за любой период не адекватны количеству влаги, поступающей в почву, от которого в наибольшей мере зависит весь дальнейший ее водный режим. Это положение справедливо в отношении любого периода года, но особенное значение оно имеет для периода снеготаяния, во время которого на значительной части территории СССР, а также других стран с аналогичными климатическими условиями создается основная часть запаса влаги в почве – важнейшего источника влаги для растений.

Во всех областях с накоплением снега и промерзанием почвы количество влаги, поступающей в почву во время снеготаяния, может варьировать от 0 до 100% запаса влаги в снеговом покрове, как это было впервые достоверно показано С.И. Небольсиным и П.И. Надеевым (1937) для условий Московской области. Позднее столь же значительное варьирование было обнаружено в различных точках другими исследователями. Такой размах относительных величин пополнения весеннего запаса влаги в почве, как известно, зависит от величины ее осеннего увлажнения, глубины и степени промерзания, запаса воды в снеге, мощности снегового покрова, рельефа поверхности почв, характера и состояния растительности, наличия оттепелей в течение зимы и т.д.

Количество летних осадков, поступающее в почву, и количество их, реально используемое растениями, – тоже величины отнюдь не

тождественные (Абрамова, 1962; Оловянникова, 1966). Оно зависит от величины дождя, его интенсивности, степени иссушения почвы, расположения в ней активных корней и т.д. Поэтому сведения о многолетней цикличности в выпадении осадков, несмотря на то что эта цикличность за последние годы была глубоко изучена многими исследователями, особенно О.А. Дроздовым и А.С.Григорьевой (1971), не могут дать точного представления о цикличности явлений, из которых слагается сам водный режим почв. Правильное суждение об этой цикличности можно составить только на основании анализа данных, непосредственно характеризующих этот режим. Препятствием к этому является отсутствие достаточно длинных рядов наблюдений над водным режимом почв.

Многолетние наблюдения, ведущиеся на агрометеостанциях, охватывают лишь метровую толщу почвы, что по большей части оказывается недостаточным. Поэтому накопление многолетних рядов наблюдений над влажностью почвы, охватывающих весь слой ее годичного влагооборота, является одной из важнейших задач почвенной гидрологии. Только такие длинные ряды могут явиться достоверной основой для прогноза явлений, относящихся к водному режиму почв и влагообеспеченности растений.

В Центрально-Черноземном государственном заповеднике (ЦЧГЗ), расположенном в 20 км к югу от г. Курска, на участке "Стрелецкая степь" начиная со второй половины 1946 г. непрерывно ведутся наблюдения над водным режимом мощных черноземов на нескольких объектах: на некосимой и ежегодно скашиваемой целинной степи, в лесу, на лесных полянах со скашиваемой и нескашиваемой травянистой растительностью и т.д. Все эти участки расположены на однородном почвенном покрове, представляющем собой мелкоконтурный комплекс типичных и выщелоченных мощных черноземов. Эти почвы и их режимы были подробно охарактеризованы в фундаментальных работах Е.А. Афанасьевой (1947, 1966), а их физические свойства и водный режим за восьмилетие (1946-1953 гг.) - в монографии А.Ф. Большакова (1961).

Для данной статьи мы выбрали два из перечисленных выше объектов - целинную некосимую степь на водоразделе и порослевую дубраву на верхней части склона того же водораздела, для которых имеются непрерывные ряды наблюдений за 27-летний период, с 1947 по 1973 г.

Анализировались следующие элементы водного режима: 1) весеннее приращение запаса влаги в почве; 2) величина весеннего запаса; 3) расход влаги за теплое полугодие из почвенного запаса; 4) суммарный расход влаги за теплое полугодие; 5) осенний запас влаги в почве; 6) осенний дефицит влаги в почве; 7) сумма осадков за холодное полугодие; 8) сумма осадков за теплое полугодие; 9) величина испаряемости за теплое полугодие. Холодное и теплое полугодия мы будем именовать сокращенно ХП и ТП соответственно.

Некоторые климатические показатели приводятся в табл. 1 (за период 1897-1970 гг. для метеостанции "Курск-поле" - по дан-

Таблица 1

Средние месячные, полугодовые и годовые суммы атмосферных осадков (Ос), испаряемости (Ео) и величины коэффициента увлажнения (КУ) по метеостанциям "Курск" и ЦЧГЗ

| Период, месяцы | "Курск", 1897–1970 гг. | | | ЦЧГЗ. 1947–1973 гг.* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ос, мм | Ео, мм** | КУ | Ос, мм | Ео, мм** | КУ |
| I | 36 | – | – | 29 | – | – |
| II | 35 | – | – | 25 | – | – |
| III | 33 | – | – | 28 | – | – |
| IV | 37 | 45 | 0,8 | 34 | 45 | 0,8 |
| V | 53 | 98 | 0,5 | 54 | 95 | 0,6 |
| VI | 62 | 105 | 0,6 | 57 | 108 | 0,6 |
| VII | 75 | 113 | 0,7 | 70 | 102 | 0,7 |
| VIII | 67 | 101 | 0,7 | 64 | 98 | 0,7 |
| IX | 45 | 69 | 0,7 | 44 | 64 | 0,7 |
| X | 46 | 37 | 1,2 | 43 | 30 | 1,4 |
| XI | 42 | – | – | 42 | – | – |
| XII | 42 | – | – | 38 | – | – |
| XII: X–III | 234 | – | – | 205 | – | – |
| ТП: IV–IX | 339 | 531 | 0,6 | 323 | 512 | 0,7 |
| Год | 573 | – | – | 528 | – | – |
| IV–X | 385 | 568 | 0,7 | 366 | 542 | 0,7 |

*Вследствие того что метеостанция ЦЧГЗ оказалась в зоне влияния достигших значительной высоты групп деревьев, она в 1965 г. была перенесена на новое место; данные наблюдений за холодное полугодие (X–III) за 1947–1956 гг. оказались заниженными. Поэтому за это полугодие суммы осадков для ЦЧГЗ приравнены к суммам, наблюденным на метеостанции "Курск" за весь 27-летний (1947–1973 гг.) период.

**Испаряемость рассчитана по формуле Н.Н. Иванова.

Прочерк означает отсутствие данных.

ным климатического справочника, за период 1947–1973 гг. – по данным наблюдений на метеостанции ЦЧГЗ). Из этих данных видно, что последний период отличался от средних многолетних несколько пониженными суммами осадков и величинами испаряемости. Однако различия невелики и в отношении осадков могут быть в значительной мере объяснены тем, что многолетние данные в климатическом справочнике даны с положительными поправками, в то время как данные метеостанции заповедника даются без поправок. Близость величин в табл. 1 дает право считать результаты наблюдений в ЦЧГЗ репрезентативными для длительного периода.

Все рассматриваемые ниже ряды величин, характеризующих водный режим почв, относятся к трехметровой почвенно-грунтовой толще, периодически охватываемой годичным влагооборотом. Влажность почвы определялась весовым методом с четырехкратной повторностью до глубины 1 м и двукратной – до глубины 3 м. Осадки измерялись на метеостанции ЦЧГЗ, расположенной в нескольких сотнях метров от обоих наблюдательных участков.

Анализ материалов был выполнен двумя методами – построением кривых скользящих средних трехлетних сумм и методом разложения полученных рядов величин на серии. Первый из этих методов сделался у почвоведов традиционным и пояснений не требует. Сущность второго метода заключается в следующем.

Для каждого исследуемого ряда были найдены арифметические средние за весь 27-летний период наблюдений, а затем для каждого холодного или теплого полугодия – отклонения наблюденных величин от средней, с соответствующим положительным или отрицательным знаком. Отрезки рядов величин этих отклонений, идущих подряд с одним и тем же знаком, различной длины, в математической статистике принято называть сериями (Хальд, 1956; Дунин-Барковский и Смирнов, 1955). Очевидно, что наименьшей длиной серии является один год и что положительные и отрицательные серии чередуются. Число положительных и отрицательных серий бывает одинаковым, если общее число серий четное, и отличается на единицу, если оно нечетное.

Поясним, что хотя речь идет о величинах различных элементов водного режима почв за полугодия, длины серий этих величин вы-

Таблица 2

Обработка ряда наблюдений методом разложения на серии

| Год | Сумма осадков за ТП, мм | Отклонения от средней арифметической, мм | | Длина серий, годы | | Среднее отклонение за серию, мм | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | + | – | + | – | + | – |
| 1947 | 288 | | 37 | | 1 | | 37 |
| 1948 | 385 | 60 | | 1 | | 60 | |
| 1949 | 291 | | 34 | | 1 | | 34 |
| 1950 | 371 | 46 | | | | | |
| 1951 | 466 | 141 | | 3 | | 77 | |
| 1952 | 369 | 44 | | | | | |
| 1953 | 277 | | 48 | | | | |
| 1954 | 303 | | 23 | | 3 | | 63 |
| 1955 | 207 | | 118 | | | | |
| 1956 | 473 | 148 | | 1 | | 148 | |
| 1957 | 315 | | 10 | | | | |
| 1958 | 266 | | 59 | | 3 | | 41 |

Таблица 2 (окончание)

| Год | Сумма осадков за ТП, мм | Отклонения от средней арифметической, мм | | Длина серий, годы | | Среднее отклонение за серию, мм | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | + | − | + | − | + | − |
| 1959 | 271 | | 54 | | | | |
| 1960 | 417 | 92 | | 2 | | 62 | |
| 1961 | 358 | 33 | | | | | |
| 1962 | 249 | | 76 | | | | |
| 1963 | 247 | | 78 | | 2 | | 77 |
| 1964 | 377 | 52 | | | | | |
| 1965 | 435 | 110 | | 2 | | 81 | |
| 1966 | 225 | | 100 | | | | |
| 1967 | 181 | | 144 | | | | |
| 1968 | 310 | | 15 | | | | 50 |
| 1969 | 281 | | 44 | | 7 | | |
| 1970 | 317 | | 8 | | | | |
| 1971 | 294 | | 29 | | | | |
| 1972 | 314 | | 11 | | | | |
| 1973 | 478 | 153 | | 1 | | 153 | |
| Сумма | 8765 | 879 | | 888 | 10 | 17 | |
| Среднее | 325 | | | | | | |
| Число серий | | | | | 6 | 6 | |
| Средняя длина серий, годы | | | | | 1,7 | 2,8 | |

Среднее отклонение за одно полугодие, мм
в положительных сериях 879 : 10 = 88
в отрицательных сериях 888 : 17 = 52
в сумме серий обоих знаков 1767 : 27 = 65

Среднее отклонение за среднюю серию, мм
в положительных сериях 879 : 6 = 147
в отрицательных сериях 888 : 6 = 148
в сумме серий обоих знаков 1767 : 12 = 147

Число серий различной длины:

| Длина серии, годы | + | − |
|---|---|---|
| 1 | 3 | 2 |
| 2 | 2 | 1 |
| 3 | 1 | 2 |
| 7 | 0 | 1 |

ражаются в годах, так как каждый ряд состоит из 27 полугодий, разделенных промежутками длиной в 1 год. Серия, состоящая из $n$ идущих подряд отклонений одного знака, имеет длину, равную $n$ лет.

Для каждой серии в каждом ряду были вычислены средние величины отклонений. В качестве примера, относящегося к сумме осадков за ТП, в табл. 2 показано разложение ряда этих сумм с вычислением всех показателей, которыми мы будем пользоваться.

Две серии с противоположными знаками, следующие одна за другой, образуют элементарный цикл. Они могут отличаться длиной (т.е. продолжительностью) и своей величиной по отношению к средней норме. Длина элементарного цикла равна сумме длин образующих его серий. Минимальная его длина равна 2 годам.

Результаты разложения 16 исследуемых рядов на серии представлены в табл. 3. В табл. 4 представлена частота встречаемости серий различной длины и различного знака, выраженная в долях от их общего числа в каждом ряду (в процентах). В нижней части таблицы приведены аналогичные величины для сумм осадков по наблюдениям на метеостанции "Курск" за 74-летний период.

Мы видим, что серии длиной в 1 и 2 года встречаются во всех 16 рядах, серии в 3 года – во всех рядах, кроме двух, и серии длиной в 4 года – во всех рядах, кроме трех. Серии более длинные – в 5, 7 и 11 лет – встречаются по одной только в четырех рядах. Таким образом, можно считать, что основная масса отклонений сочетается в серии длиной 1–4 года, а более длинные серии встречаются единично.

В самой нижней строке табл. 4 приведены величины математических ожиданий (М.О.) встречаемости чисел серий различной длины, соответствующие гипотезе случайного распределения, вычисленные по формуле

$$\text{М.О.} = \frac{1}{2^n} \cdot 100,$$

где $n$ – длина серии в годах. К вопросу о соотношении наблюденных величин встречаемости серий различной длины с этими величинами М.О. мы вернемся ниже.

В табл. 5 представлены результаты анализа всех полученных данных, характеризующие временную изменчивость изученных элементов водного режима почв. Эти результаты были подвергнуты испытанию на случайность тремя методами: средней длины серий, наибольшей длины серий и общего числа серий. Методы эти описаны в упомянутых уже руководствах А.Хальда, И.В.Дунина-Барковского и Н.В. Смирнова. Испытание с их помощью всех наших рядов позволило допустить случайность последних при уровне значимости 0,05. Как мы увидим ниже, этот вывод почти полностью подтвердился и в процессе дальнейшего анализа.

Таблица 3

Число серий различной длины и различных знаков

| № п/п | Измеряемая величина | Объект | Длина серий (в годах) и их знаки | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | |
| | | | + | − | с | + | − | с | + | − | с | + | − | с |
| 1 | Сумма осадков за ХП | Общая | 6 | 3 | 9 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | Весеннее приращение запаса влаги в почве | Степь | 8 | 6 | 14 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 3 | То же | Лес | 3 | 2 | 5 | 5 | 3 | 8 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Весенний запас влаги | Степь | 4 | 4 | 8 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 |
| 5 | То же | Лес | 3 | 3 | 6 | 2 | 2 | 4 | 2 | 1 | 3 | 0 | 1 | 1 |
| 6 | Сумма осадков за ТП | Степь | 4 | 2 | 6 | 2 | 2 | 4 | 1 | 2 | 3 | 0 | 1 | 1 |
| 7 | То же | Лес | 3 | 2 | 5 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Испаряемость | Общая | 2 | 3 | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 4 | 0 | 1 | 1 |
| 9 | Расход влаги за ТП из запаса | Степь | 7 | 4 | 11 | 0 | 3 | 3 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 |
| 10 | То же | Лес | 2 | 4 | 6 | 2 | 2 | 4 | 3 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 |
| 11 | Расход влаги за ТП суммарный | Степь | 4 | 5 | 9 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| 12 | То же | Лес | 0 | 1 | 1 | 3 | 4 | 7 | 3 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | Осенний запас влаги | Степь | 3 | 4 | 7 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 1 | 0 | 1 |
| 14 | То же | Лес | 3 | 3 | 6 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 15 | Осенний дефицит запаса | Степь | 4 | 3 | 7 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 0 | 1 | 1 |
| 16 | То же | Лес | 3 | 3 | 6 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

Таблица 3 (окончание)

| № п/п | Измеряемая величина | Объект | Длина серий (в годах) и их знаки | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 5 | | | 7 | | | 11 | | | Суммы | | |
| | | | + | - | с | + | - | с | + | - | с | + | - | с |
| 1 | Сумма осадков за ХП | Общая | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 14 |
| 2 | Весеннее приращение запаса влаги в почве | Степь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 18 |
| 3 | То же | Лес | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 7 | 15 |
| 4 | Весенний запас влаги | Степь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 14 |
| 5 | То же | Лес | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 14 |
| 6 | Сумма осадков за ТП | Степь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 14 |
| 7 | То же | Лес | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 | 12 |
| 8 | Испаряемость | Общая | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 7 | 13 |
| 9 | Расход влаги за ТП из запаса | Степь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 8 | 17 |
| 10 | То же | Лес | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 14 |
| 11 | Расход влаги за ТП суммарный | Степь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 8 | 15 |
| 12 | То же | Лес | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 | 12 |
| 13 | Осенний запас влаги | Степь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 14 |
| 14 | То же | Лес | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 6 | 5 | 11 |
| 15 | Осенний дефицит запаса | Степь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 14 |
| 16 | То же | Лес | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 5 | 6 | 11 |

Табл. 5 показывает, что общее число серий в 27-летних рядах различных элементов водного режима колеблется довольно значительно – от 11 до 18, причем для леса число серий того или иного элемента почти всегда меньше, чем для степи, а средняя длина серий – соответственно больше.

Общая длительность серий разного знака может быть почти одинаковой, но может и значительно различаться, что чаще имеет место для леса, чем для степи. Средняя длина отрицательных серий варьирует от 1,4 до 3,2 года, положительных – от 1,6 до 3,2 года, колебаясь около М.О., которая для этой величины равна 2,0.

Незначительно варьируют величины средних отклонений как за одно полугодие (от 56 до 87 мм, табл. 5, столбцы 14-16), так и за одну среднюю серию (столбцы 17-19). В последнем случае резко выделилась пониженным значением только величина отклонения весеннего приращения запаса влаги в степи, равная 88 мм, в то время как остальные колеблются в пределах 110-170 мм, а в подавляющем большинстве случаев – в пределах лишь 110-150 мм, причем положительные и отрицательные серии характеризуются почти одинаковыми величинами отклонений. Близость всех этих величин между собой тем более примечательна, что они относятся к столь различным явлениям, как, например, расход влаги из почвенного запаса в степи и в лесу (138 и 152 мм), суммы осадков за ТП (130 и 141 мм), испаряемость (131 мм) и т.д.

При этом отклонения не коррелируют со своими средними величинами, представленными в столбце 4, что очень отчетливо доказывается цифрами последнего столбца, в котором средние отклонения выражены в процентах от средних значений исследуемых величин. Здесь мы находим амплитуду от 18 и 17% (весенний и осенний запасы влаги в степи) до 93% (весеннее приращение запаса влаги в степи) и даже 142% (расход влаги из запаса в степи). В последнем случае отклонение за среднюю серию значительно превышает среднее значение самой варьирующей величины.

Не обнаруживается также зависимости между средними величинами отклонений за одну среднюю серию и за одно полугодие, с одной стороны, и общим числом серий – с другой. Это можно заметить из сопоставления, представленного в табл. 6.

Вопрос об одинаковости абсолютных величин отклонений, относящихся к разным элементам водного режима почв, заслуживает внимания и дальнейшего изучения.

Сопоставляя с величинами М.О. средние величины долей серий всех исследуемых элементов водного режима почв (две последние строки в табл. 4), мы видим, что для серий длиной в 1 и 2 года получилось почти полное совпадение, т.е. в среднем появление этих серий не противоречит гипотезе случайного распределения. Близкое совпадение получилось и для серий длиной в 4 года. Что же

Таблица 4

Доли чисел серий различной длины и различного знака, % от их общего

| № п/п | Исследуемая величина за 1947–1973 гг. для ЦЧГЗ и за 1897–1970 гг. для метеостанции "Курск" | Объект | Длина серий (в годах) и их знаки | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | | | 2 | |
| | | | + | – | с | + | – |
| | ЦЧГЗ | | | | | | |
| 1 | Сумма осадков за ХП | Общая | 86 | 43 | 64 | 0 | 14 |
| 2 | Весеннее приращение запаса влаги влаги в почве | Степь | 89 | 67 | 83 | 0 | 11 |
| 3 | То же | Лес | 38 | 28 | 33 | 62 | 44 |
| 4 | Весенний запас в почве | Степь | 57 | 57 | 57 | 14 | 0 |
| 5 | То же | Лес | 42 | 42 | 42 | 29 | 29 |
| 6 | Сумма осадков за ТП | Степь | 57 | 29 | 43 | 29 | 29 |
| 7 | То же | Лес | 50 | 33 | 42 | 33 | 17 |
| 8 | Испаряемость за IV–X | Общая | 33 | 43 | 39 | 34 | 14 |
| 9 | Расход влаги за ТП из запаса | Степь | 78 | 50 | 65 | 0 | 38 |
| 10 | То же | Лес | 29 | 57 | 43 | 29 | 29 |
| 11 | Расход влаги за ТП суммарный | Степь | 57 | 62 | 60 | 29 | 0 |
| 12 | То же | Лес | 0 | 16 | 8 | 50 | 67 |
| 13 | Осенний запас влаги в почве | Степь | 43 | 57 | 50 | 14 | 14 |
| 14 | То же | Лес | 50 | 60 | 55 | 33 | 20 |
| 15 | Осенний дефицит влаги в почве | Степь | 57 | 43 | 50 | 14 | 14 |
| 16 | То же | Лес | 60 | 50 | 55 | 20 | 33 |
| | "Курск" (1897–1970 гг.) | | | | | | |
| 17 | Сумма осадков за ХП | Общая | 68 | 59 | 64 | 23 | 9 |
| 18 | Сумма осадков за ТП | " | 58 | 47 | 50 | 6 | 30 |
| 19 | Сумма осадков за год | " | 59 | 59 | 59 | 18 | 27 |
| | ЦЧГЗ | | | | | | |
| 20 | Средние, исключая суммы осадков и испаряемость | – | 50 | 49 | 50 | 25 | 25 |
| 21 | М.О. долей при случайном распределении | – | 50 | 50 | 50 | 25 | 25 |

| Длина серий (в годах) и их знаки | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | | | 4 | | |
| с | + | – | с | + | – | с |
| 7 | 0 | 29 | 15 | 14 | 0 | 7 |
| 6 | 0 | 11 | 6 | 0 | 11 | 5 |
| 53 | 0 | 28 | 14 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 14 | 29 | 21 | 15 | 14 | 15 |
| 29 | 29 | 15 | 21 | 0 | 15 | 8 |
| 29 | 14 | 29 | 21 | 0 | 13 | 7 |
| 25 | 17 | 33 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 33 | 29 | 31 | 0 | 14 | 7 |
| 18 | 22 | 0 | 12 | 0 | 12 | 5 |
| 29 | 42 | 0 | 21 | 0 | 14 | 7 |
| 13 | 0 | 25 | 13 | 14 | 13 | 14 |
| 59 | 50 | 17 | 33 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 29 | 29 | 29 | 14 | 0 | 7 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 9 |
| 14 | 29 | 29 | 29 | 0 | 14 | 7 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 9 |
| 16 | 9 | 18 | 14 | 0 | 5 | 2 |
| 18 | 18 | 6 | 12 | 12 | 5 | 9 |
| 23 | 9 | 14 | 11 | 9 | 0 | 5 |
| 25 | 18 | 15 | 16 | 5 | 9 | 7 |
| 25 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 6,2 | 6,2 | 6,2 |

Таблица 4 (окончание)

| № п/п | Исследуемая величина за 1947-1973 гг. для ЦЧГЗ и за 1897-1970 гг. для метеостанции "Курск" | Объект | Длина серий (в годах) и их знаки | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 5 | | | 6 | |
| | | | + | - | с | + | - |
| | ЦЧГЗ | | | | | | |
| 1 | Сумма осадков за ХП | Общая | 0 | 14 | 7 | 0 | 0 |
| 2 | Весеннее приращение запаса влаги в почве | Степь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | То же | Лес | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Весенний запас влаги в почве | Степь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | То же | Лес | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | Сумма осадков за ТП | Степь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | То же | Лес | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Испаряемость за IV-X | Общая | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Расход влаги за ТП из запаса | Степь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | То же | Лес | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | Расход влаги за ТП | Степь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | То же | Лес | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | Осенний запас влаги в почве | Степь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | То же | Лес | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | Осенний дефицит влаги в почве | Степь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | То же | Лес | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | "Курск" (1897-1970 гг.) | | | | | | |
| 17 | Сумма осадков за ХП | Общая | 0 | 9 | 4 | 0 | 0 |
| 18 | Сумма осадков за ТП | " | 6 | 12 | 9 | 6 | 0 |
| 19 | Сумма осадков за год | " | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| | ЦЧГЗ | | | | | | |
| 20 | Средние, исключая суммы осадков и испаряемость | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | М.О. долей при случайном распределении | - | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 1,6 | 1,6 |

| Длина серий (в годах) и их знаки | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | | | > 7 | | | Суммы | | |
| с | + | – | с | + | – | с | + | – | с |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 17 | 8 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 9 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 9 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 100 | 100 | 100 |
| 1,6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 100 | 100 | 100 |

Таблица 5

Результаты исследования элементарной цикличности водного режима

| № п/п | Исследуемая величина за 1947–1973 гг для ЦЧГЗ и за 1897–1970 гг для метеостанции "Курск" | Объект | Средняя величина, мм | Общее число серий | | | Общая длительность серий, годы | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | + | – | с | + | – | с |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | ЦЧГЗ | | | | | | | | |
| 1 | Сумма осадков за ХП | Общая | 236 | 7 | 7 | 14 | 10 | 16 | 26 |
| 2 | Весеннее приращение запаса влаги в почве | Степь | 108 | 9 | 9 | 18 | 12 | 15 | 27 |
| 3 | То же | Лес | 250 | 8 | 7 | 15 | 13 | 14 | 27 |
| 4 | Весенний запас влаги в почве | Степь | 781 | 7 | 7 | 14 | 13 | 14 | 27 |
| 5 | То же | Лес | 846 | 7 | 7 | 14 | 13 | 14 | 27 |
| 6 | Сумма осадков за ТП | Степь | 330 | 7 | 7 | 14 | 11 | 16 | 27 |
| 7 | То же | Лес | 325 | 6 | 6 | 12 | 10 | 17 | 27 |
| 8 | Испаряемость за IV–X | Общая | 542 | 6 | 7 | 13 | 12 | 15 | 27 |
| 9 | Расход влаги за ТП из запаса | Степь | 97 | 9 | 8 | 17 | 13 | 14 | 27 |
| 10 | То же | Лес | 245 | 7 | 7 | 14 | 15 | 12 | 27 |
| 11 | Расход влаги за ТП суммарный | Степь | 427 | 7 | 8 | 15 | 12 | 15 | 27 |
| 12 | То же | Лес | 570 | 6 | 6 | 12 | 15 | 12 | 27 |
| 13 | Осенний запас влаги | Степь | 684 | 7 | 7 | 14 | 15 | 12 | 27 |
| 14 | То же | Лес | 603 | 6 | 5 | 11 | 11 | 16 | 27 |
| 15 | Осенний дефицит влаги | Степь | 305 | 7 | 7 | 14 | 12 | 15 | 27 |
| 16 | То же | Лес | 411 | 5 | 6 | 11 | 16 | 11 | 27 |
| | "Курск" | | | | | | | | |
| 17 | Сумма осадков за ХП | Общая | 239 | 22 | 22 | 44 | 31 | 43 | 74 |
| 18 | Сумма осадков за ТП | " | 338 | 17 | 17 | 34 | 39 | 35 | 74 |
| 19 | Сумма осадков за год | " | 577 | 22 | 22 | 44 | 40 | 34 | 74 |

почв и атмосферных осадков методом разложения на серии

| Средняя длина серий, годы | | | Среднее отклонение за одно полугодие или год, мм | | | Среднее отклонение за одну среднюю серию, мм | | | Среднее отклонение за одну среднюю серию в % от нормы,% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| + | - | с | + | - | с | + | - | с | |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1,4 | 2,3 | 1,9 | 85 | 54 | 66 | 122 | 123 | 123 | 52 |
| 1,3 | 1,7 | 1,5 | 66 | 53 | 59 | 89 | 88 | 88 | 93 |
| 1,6 | 2,0 | 1,8 | 74 | 67 | 70 | 120 | 134 | 126 | 50 |
| 1,9 | 2,0 | 1,9 | 74 | 69 | 71 | 137 | 139 | 138 | 18 |
| 1,9 | 2,0 | 1,9 | 93 | 82 | 87 | 172 | 164 | 168 | 20 |
| 1,6 | 2,8 | 2,0 | 82 | 57 | 67 | 130 | 129 | 130 | 39 |
| 1,7 | 2,8 | 2,2 | 88 | 52 | 65 | 147 | 148 | 147 | 45 |
| 2,0 | 2,1 | 2,0 | 71 | 57 | 63 | 143 | 121 | 131 | 24 |
| 1,4 | 1,8 | 1,6 | 90 | 85 | 87 | 130 | 147 | 138 | 142 |
| 2,1 | 1,7 | 1,9 | 71 | 88 | 79 | 153 | 151 | 152 | 62 |
| 1,7 | 1,9 | 1,8 | 70 | 55 | 62 | 120 | 103 | 111 | 26 |
| 2,5 | 2,0 | 2,2 | 59 | 74 | 66 | 148 | 148 | 148 | 26 |
| 2,3 | 1,7 | 1,9 | 53 | 68 | 59 | 113 | 116 | 114 | 17 |
| 1,8 | 3,2 | 2,5 | 67 | 46 | 55 | 122 | 148 | 134 | 22 |
| 1,7 | 2,1 | 1,9 | 67 | 53 | 59 | 115 | 113 | 114 | 37 |
| 3,2 | 1,8 | 2,5 | 47 | 68 | 56 | 152 | 124 | 137 | 33 |
| 1,4 | 2,0 | 1,7 | 56 | 40 | 46 | 78 | 80 | 79 | 33 |
| 2,3 | 2,1 | 2,2 | 56 | 62 | 59 | 129 | 130 | 130 | 38 |
| 1,8 | 1,5 | 1,6 | 67 | 78 | 72 | 120 | 117 | 115 | 20 |

касается серий длиной в 3 года, то число их значительно превосходит М.О. (18, 15 и 16% против 12,5%). Просматривая эту строку далее вправо, мы видим, что данное превышение обусловлено недобором более длинных серий, начиная с 5-летних. Отметим попутно, что для 74-летнего ряда сумм осадков за ХП и ТП в Курске наблюдаются заметные отклонения долей всех серий от их М.О., в то время как для годовых сумм совпадение получилось очень близким.

Сказанное выше относилось к средним значениям всех исследуемых 12 рядов различных величин, вместе взятых. Несомненно, что

Таблица 6

| Число серий | Среднее отклонение за за одну среднюю серию, мм | Среднее отклонение за одно полугодие, мм |
|---|---|---|
| 11 | 134, 137 | 55, 56 |
| 12 | 147, 148 | 65, 66 |
| 13 | 131 | 57 |
| 14 | 114, 114, 123, 130, 138, 152, 168 | 59, 59, 66, 67, 71, 79, 87 |
| 15 | 111, 126 | 70, 62 |
| 17 | 138 | 87 |
| 18 | 88 | 59 |

эти средние величины какого-либо реального смысла не имеют, так как они охватывают ряды величин, весьма различных по своей природе. Поэтому близость между собой цифр в двух последних строках табл. 4 свидетельствует лишь о том, что в варьировании рассматриваемых величин случайность принимает заметное участие. В отдельных рядах в очень многих случаях имеются значительные отклонения наблюденных величин от их М.О., вплоть до того, что меняется даже численный порядок расположения серий в рядах. В то время как ряд величин М.О. убывает с увеличением длины серий, в некоторых рядах наблюдается обратное. Например, в величинах весеннего приращения запаса влаги в лесу при переходе от серии длиной в 1 год к серии длиной в 3 года доли изменяются так: 33, 53 и 14%; суммарный расход влаги в лесу: 8, 59 и 33% и т.д.

Сопоставляя величины, относящиеся к степи и к лесу, можно обнаружить, что в ходе элементов водного режима почв под лесом серии более длинные, чем это соответствует М.О., встречаются чаще, чем в степи. Примером этому служат строки 3, 5, 11 табл. 4. В лесу же наблюдаются и вообще наиболее длинные серии - 7- и 11-летние (строки 5, 13 и 15 табл. 4). Очевидно, что экологические особенности растений, образующих покров, а также фито-

ценозов в целом влияют на характер варьирования элементов водного режима почв.

Как было сказано выше, смежные серии разных знаков образуют попарно элементарные циклы. В табл. 7 приведены хронологические ряды всех наблюдавшихся элементарных циклов и число циклов разной длины, а в табл. 8 – доли этих чисел в процентах от общей суммы. Циклы одной и той же длины могут возникать из сочетания серий различной длины и иметь поэтому различные величины М.О.

В табл. 9 приводятся возможные сочетания серий и расчет величин М.О. циклов различной длины. При этом учитывается не только длина серий, но и порядок их сочетания. Например, элементарный цикл длиной в 3 года может сочетаться из серий длиной в 1 и 2 года двояко: (1+2) и (2+1). Взвешивая с помощью найденных величин М.О. длины циклов, можно найти, что М.О. средней длины цикла равно 4.

Обращаясь к табл. 8, мы видим, что величины М.О. циклов длиной в 2 и 3 года одинаковы и в сумме составляют половину всего возможного числа элементарных циклов, а в совокупности с циклами длиной в 4 года – свыше 2/3 того же числа.

Средние наблюденные величины (строка 20 табл. 8) довольно близки к величинам М.О. К этим средним, однако, полностью приложимо замечание, сделанное выше в отношении средних из числа серий. Для отдельных элементов водного режима отмечаются значительные расхождения с их М.О., которые и здесь чаще относятся к лесу. Так, например, для суммарного расхода влаги (строка 11 табл. 8) циклы длиной в 2 и 3 года, т.е. с наибольшими величинами М.О., отсутствуют полностью. Для расхода из почвенного запаса (строка 9) отмечается почти удвоенное (по сравнению с М.О.) число циклов длиной в 2 года, а для весенних приращений запаса влаги в степи (строка 2) – превышающее М.О. более чем в 2 раза.

В целом анализ всего материала показывает, что длина элементарных циклов в подавляющем большинстве случаев укладывается в интервал от 2 до 7 и лишь в редких случаях достигает 9, 13 и 15. Это же относится и к полугодовым и годовым суммам осадков по данным метеостанции "Курск" за 74-летний период (строки 17, 18 и 19). Здесь в ХП и в году доля двухлетних циклов значительно выше М.О. Средние длины элементарных циклов варьируют от 2,9 до 5,1 (табл. 7, предпоследний столбец), т.е. около своего М.О., равного 4.

Обратимся теперь к ходу рассматриваемых элементов водного режима почв во времени (рис. 1–4). На этих рисунках тонкими линиями в форме узких столбиков нанесены наблюденные ежегодные отклонения исследуемых величин от их 27-летних средних: положительные – вверх от нулевой линии, отрицательные – вниз от нее. Кроме того, широкими столбиками различной ширины, ограниченными толстыми линиями, нанесены серии длиной 2 года и более.

Таблица 7

Длины (в годах) элементарных циклов в исследуемых рядах элементов водного режима почвы

| №п/п | Исследуемая величина за 1947-1973 гг. по наблюдениям в ЦЧГЗ | Объект | Длины наблюденных циклов в хронологическом порядке | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Сумма осадков за ХП | Общая | 4 | 4 | 2 | 2 | 6 | 6 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 5 | 6 | | | | | |
| 2 | Весеннее приращение запаса влаги | Степь | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 5 | |
| 3 | То же | Лес | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | | | | |
| 4 | Весенний запас влаги | Степь | 2 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 7 | 4 | 5 | | | | | |
| 5 | То же | Лес | 4 | 4 | 6 | 5 | 4 | 3 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | | | | | |
| 6 | Сумма осадков за ТП | Степь | 2 | 2 | 4 | 6 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 6 | 5 | 3 | 3 | | | | | |
| 7 | То же | Лес | 2 | 2 | 4 | 6 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 9 | 8 | | | | | | | |
| 8 | Испаряемость | Общая | 3 | 5 | 6 | 5 | 6 | 4 | 3 | 3 | 4 | 6 | 4 | 2 | | | | | | |
| 9 | Расход влаги за ТП из запаса | Степь | 3 | 5 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 5 | 7 | 5 | 3 | 3 | | |
| 10 | То же | Лес | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 5 | 7 | 4 | 3 | 4 | | | | | |
| 11 | Расход влаги за ТП суммарный | Степь | 2 | 2 | 5 | 7 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | |
| 12 | То же | Лес | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 5 | 4 | | | | | | | |
| 13 | Осенний запас влаги | Степь | 6 | 6 | 4 | 2 | 5 | 6 | 5 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | | | | | |
| 14 | То же | Лес | 3 | 5 | 15 | 12 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | | | | | | | | |
| 15 | Осенний дефицит влаги | Степь | 6 | 6 | 4 | 2 | 5 | 6 | 5 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | | | | | |
| 16 | То же | Лес | 3 | 5 | 15 | 12 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | | | | | | | | |

Таблица 7 (окончание)

| №п/п | Исследуемая величина за 1947-1973 гг. по наблюдениям в ЦЧГЗ | Объект | Сумма | Число циклов различной длины | | | | | | | | | | Сумма | Средняя длина цикла, годы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | длина циклов, годы | | | | | | | | | | | |
| | | | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 12 | 15 | | |
| 1 | Сумма осадков за ХП | Общая | 49 | 5 | 0 | 4 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 3,8 |
| 2 | Весеннее приращение запаса влаги | Степь | 49 | 10 | 2 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 2,9 |
| 3 | То же | Лес | 51 | 1 | 7 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 3,6 |
| 4 | Весенний запас влаги | Степь | 49 | 5 | 0 | 3 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 3,8 |
| 5 | То же | Лес | 49 | 3 | 2 | 4 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 3,8 |
| 6 | Сумма осадков за ТП | Степь | 52 | 2 | 2 | 5 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 4,0 |
| 7 | То же | Лес | 52 | 2 | 0 | 5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 11 | 4,7 |
| 8 | Испаряемость | Общая | 51 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 4,2 |
| 9 | Расход влаги за ТП из запаса | Степь | 52 | 7 | 4 | 1 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 3,2 |
| 10 | То же | Лес | 49 | 3 | 2 | 5 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 3,8 |
| 11 | Расход влаги за ТП суммарный | Степь | 52 | 3 | 4 | 3 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 3,7 |
| 12 | То же | Лес | 49 | 0 | 0 | 7 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 4,5 |
| 13 | Осенний запас влаги | Степь | 50 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 3,8 |
| 14 | То же | Лес | 51 | 2 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 10 | 5,1 |
| 15 | Осенний дефицит влаги | Степь | 50 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 3,8 |
| 16 | То же | Лес | 51 | 2 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 10 | 5,1 |

Таблица 8

Доли чисел элементарных циклов разной длины, % от их общего числа

| № п/п | Исследуемая величина за 1947-1973 гг. для ЦЧГЗ и за 1897-1970 гг. для метеостанции "Курск" | Объект | Длина циклов, годы | | | | | | | | | Сумма, % | Средняя длина цикла, годы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | ЦЧГЗ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Сумма осадков за ХП | Общая | 38 | 0 | 31 | 8 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 3,8 |
| 2 | Весеннее приращение запаса влаги в почве | Степь | 58 | 12 | 12 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 2,9 |
| 3 | То же | Лес | 7 | 50 | 14 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 3,6 |
| 4 | Весенний запас влаги в почве | Степь | 38 | 0 | 23 | 31 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 3,8 |
| 5 | То же | Лес | 23 | 15 | 31 | 23 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 3,8 |
| 6 | Сумма осадков за ТП | Степь | 15 | 15 | 40 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 4,0 |
| 7 | То же | Лес | 18 | 0 | 46 | 9 | 9 | 0 | 9 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 4,7 |
| 8 | Испаряемость | Общая | 18 | 25 | 25 | 17 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 4,2 |
| 9 | Расход влаги из почвенного запаса | Степь | 44 | 25 | 6 | 19 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 3,2 |
| 10 | То же | Лес | 23 | 15 | 38 | 15 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 3,8 |
| 11 | Расход влаги суммарный | Степь | 21 | 29 | 21 | 21 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 3,7 |
| 12 | То же | Лес | 0 | 0 | 64 | 27 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 4,5 |
| 13 | Осенний запас влаги в почве | Степь | 32 | 15 | 15 | 15 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 3,8 |
| 14 | То же | Лес | 20 | 50 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 5,1 |
| 15 | Осенний дефицит влаги в почве | Степь | 32 | 15 | 15 | 15 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 3,8 |
| 16 | То же | Лес | 20 | 50 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 5,1 |
| | "Курск" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Сумма осадков за ХП | Общая | 38 | 19 | 29 | 2 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 3,3 |
| 18 | Сумма осадков за ТП | " | 18 | 25 | 18 | 15 | 12 | 9 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 4,2 |
| 19 | Сумма осадков за год | " | 38 | 19 | 19 | 7 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 3,4 |
| | ЦЧГЗ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Средние, за исключением осадков и испаряемости | | 26,5 | 23,0 | 20,0 | 19,4 | 5,3 | 4,7 | 2,7 | 1,6 | 0,9 | 0,5 | 0,3 | 0,9 | 0,1 | 0,0 | 100 | | | | | | |
| 21 | Математическое ожидание | | 25,0 | 25,0 | 18,8 | 12,5 | 7,8 | 2,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,7 | 0 | 1,7 | 100 | | | | | | |

При этом высота каждого из этих столбиков соответствует средней величине отклонения за данную серию. Два смежных столбика любой ширины с различными знаками образуют элементарный цикл.

На тех же рисунках нанесены кривые скользящих 3-летних средним сумм соответствующих элементов водного режима. Эти кривые для краткости мы будет называть просто скользящими кривыми.

На оси абсцисс отложен календарь, а на оси ординат - шкалы положительных и отрицательных отклонений от нормы и параллельно им - шкалы абсолютных наблюденных величин исследуемого элемента водного режима.



Для облегчения анализа графиков укажем, что нормальным, т.е. соответствующим величине М.О. числом серий различной длины для 27-летнего периода является следующее:

| Длина серии, годы | Математическое ожидание | Длина серии, годы | Математическое ожидание |
|---|---|---|---|
| 1 | 7 | 5 | 0,44 (0-1) |
| 2 | 3,5 (3-4) | 6 | 0,22 (0-1) |
| 3 | 1,75 (1-2) | 6 | 0,22 (0-1) |
| 4 | 0,87 (0-1) | | |

Числа в скобках даны вследствие того, что число серий не может быть дробным.

Рис. 1 относится к осенне-зине-весеннему периоду. На нем нанесены ход осадков за ХП и величины весенних приращений запаса влаги. Отметим прежде всего очень часто встречающееся несоответствие хода скользящих кривых истинному ходу исследуемых величин во времени, представленному в форме серий. Например, на рис. 1,А повышенное против нормы количество осадков за ХП в 1952 г. отразилось на скользящей кривой пиком, охватывающим три года, из которых крайние характеризуются осадками ниже нормы.

Следовательно, скользящая кривая в этом случае искажает даже календарную характеристику хода данного элемента во времени, указывая на превышение против нормы вместо имеющего место в действительности отрицательного от нее отклонения, и наоборот. Такое противоречие чаще всего, почти как правило, возникает в случаях смены идущих подряд однолетних серий с разными знаками. Именно этот случай и имеет место на рис. 3,В в 1954-1960 гг. Но при взаимной смене серий длиной более 2 лет, а в особенности более 3 лет трехлетняя скользящая кривая, как правило, дает картину,

Таблица 9

Сочетания серий различной длины, дающие элементарные циклы различной длины, и расчет в процентах величин М.О. этих циклов

| Длина цикла, годы | Возможные сочетания серий | Расчет величин М.О., % | | В % от суммы |
|---|---|---|---|---|
| 2 | (1+1) | 50x50 | =2500 | 25 |
| 3 | 2(1+2) | 2(50x25) | =2500 | 25 |
| 4 | 2(1+3), (2+2) | $2(50x12,5)+(25)^2$ | =1875 | 18,75 |
| 5 | 2(1+4), 2(2+3) | 2(50x6,25)+2(25x12,5) | =1250 | 12,50 |
| 6 | 2(1+5), 2(2+4), (3+3) | $2(50x3,12)+2(25x6,25)+$ $+2(12,5)^2$ | = 780 | 7,80 |
| 7 | 2(1+6), 2(2+5), 2(3+4) | 2(50x1,56)+2(25x3,12)+ +2(12,5x6,25) | = 468 | 4,68 |
| 8 | 2(1+7), 2(2+6), 2(3+5), (4+4) | $2(50x0,78)+2(25x1,56)+$ $+2(12,5x3,12)+(6,25)^2$ | = 273 | 2,73 |
| 9 | 2(1+8), 2(2+7), 2(3+6), 2(4+5) | 2(50x0,39)+2(25x0,78)+ +2(12,5x1,56)+2(6,25x3,12) | = 156 | 1,56 |
| 10 | 2(1+9), 2(2+8), 2(3+7), 2(4+6), (5+5) | $2(50x0,2)+2(25x0,39)+$ $+2(12,5x0,78)+2(6,25x1,56)+$ $+(3,12)^2$ | = 90 | 0,90 |
| | Суммы | По разности | = 108 | 1,08 |
| | | | 10000 | 100,0 |

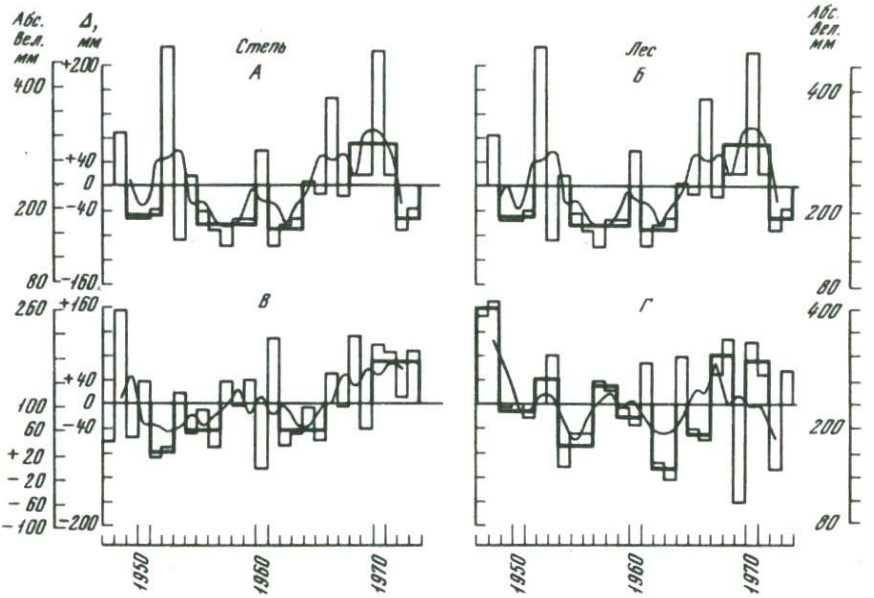



Рис. 1. Временной ход суммы осадков за холодное полугодие (*А, Б*) и величина весеннего приращения запаса влаги в почве (*В, Г*)

хорошо согласующуюся с расположением столбиков, изображающих смену серий различных знаков и разной длины.

Поэтому для получения действительной картины смены элементарных циклов пользоваться только скользящими трехлетними кривыми нельзя. Изучение элементарной цикличности должно основываться прежде всего на разложении на серии. Это тем более необходимо, что трехлетняя скользящая кривая принципиально не может отчетливо выявлять циклы короче 4–5 лет, т.е. наиболее часто встречающиеся элементарные циклы. Это не исключает целесообразности использования трехлетних скользящих кривых для выявления более длинных циклов наряду с другими, более точными методами (например, автокорреляционная функция, спектральная функция и др.).

Примером выявления длинного цикла с помощью скользящей кривой является ход осадков за ХП (см. рис. 1,А). Ход кривой позволяет предположить, что период 1954–1964 гг. представляет собой полуцикл с пониженными суммами осадков против нормы и что в их ходе имеется, следовательно, приблизительно 22-летняя цикличность. Однако ряд слишком короток для того, чтобы считать это предположение достоверным. Расположение пиков на той же кривой позволяет предположить существование еще циклов с длительностью, варьирующей от 4 до 7 лет и в среднем равной 6 годам.

На рис. 1,А число однолетних серий (9) несколько выше нормы, двухлетних (1) – несколько ниже, а более длинных – около нормы. Рис. 1,В изображает ход величин весеннего приращения запаса влаги в степи. Здесь имеются три группы однолетних серий: 1947–1950, 1957–1961, 1966–1969 гг., разделенных двух-, трех- и четырехлетними отрицательными сериями. Общее число однолетних серий (14) здесь вдвое превышает норму, а двухлетних (1) – вчетверо ниже нормы. Пики на скользящей кривой позволяют предположить наличие неясно выраженных 9–11-летних циклов.

Ход величины весеннего приращения запаса влаги в лесу (см. рис. 1,Г) существенно отличен. Однолетних серий здесь выявлено всего пять за весь 27-летний период, т.е. почти вдвое меньше нормы. Все остальные серии имеют длину 2–3 полугодия, и их общее число вдвое больше нормы. Элементарные циклы соответственно равны 4–5 полугодиям. Расположение пиков на скользящей кривой позволяет предположить наличие семилетнего цикла с варьированием от 5 до 9 лет. Кроме того, в период 1950–1966 гг. имеется общее понижение величин приращений запаса влаги по сравнению с началом и концом всего 27-летнего периода наблюдений.

Ход величин весеннего запаса влаги в степи (рис. 2,А) имеет сходство с ходом величин приращений запаса (см. рис. 1,Б) благодаря наличию группы из пяти однолетних серий в 1957–1961 гг. и их проявлению, хотя и в меньшем количестве, в 1947–1949 гг. Общее число однолетних серий (7) соответствует норме. В целом здесь преобладают двух-, трех- и четырехлетние серии, сменой которых и определяется расположение пиков на скользящей кривой, соответствующее в среднем пятилетнему циклу, с варьированием от 3 до 6 лет. Число четырехлетних серий (2) вдвое выше нормы.

Тот же элемент водного режима в лесу (см. рис. 2,Б) имеет шесть однолетних серий, из которых четыре образуют группу в 1967–1970 гг. Среди остальных преобладают двух- и трехлетние и имеется одна четырехлетняя. Скользящая кривая позволяет предположить существование шестилетнего цикла с варьированием от 5 до 9 лет. Кроме того, общий ход скользящей кривой – прогрессивное снижение отрицательных пиков с 1950 по 1963 г. – позволяет высказать предположение о существовании и значительно более длинного цикла. Его минимум приходится на 1963 год.

Для сумм осадков за ТП (см. рис. 2,В и Г) характерно пониженное число однолетних серий – всего пять, из которых три сгруппированы в самом начале 27-летнего периода[1]. Господствуют двух- и трехлетние серии, а в конце 27-летнего периода появляется се-

---

[1] Суммы осадков за ТП для степи и леса не вполне одинаковы. Это объясняется тем, что данные суммы относятся к интервалам времени между датами первого весеннего и последнего осеннего определения влажности почвы. Эти даты для леса и степи часто не совпадали.

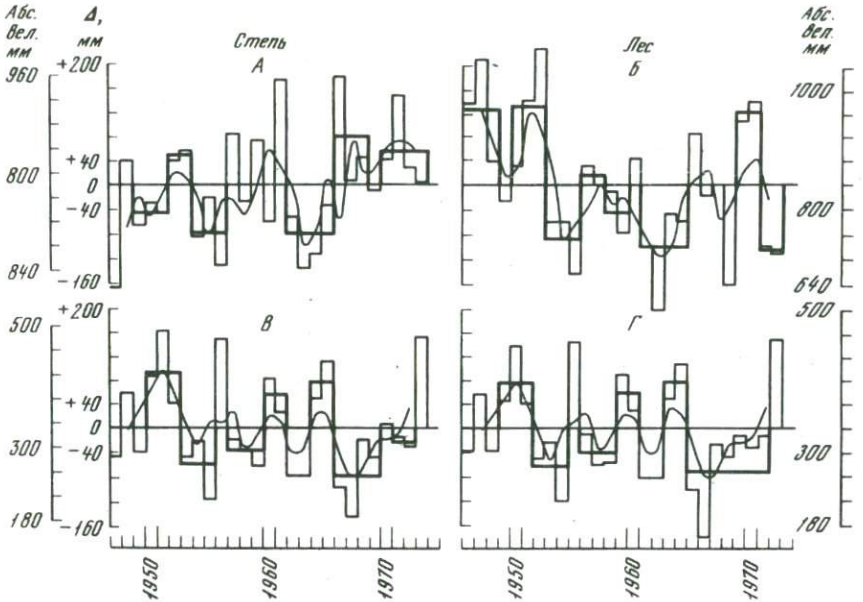



Рис. 2. Временной ход величин весеннего запаса влаги в почве (*А, Б*) и сумм осадков за теплое полугодие (*В, Г*)

милетняя отрицательная серия, которая в степи (см. рис. 2,Г) разорвана однолетней с ничтожной амплитудой. Период замыкается крупной (свыше 140 мм) однолетней положительной серией. Скользящая кривая позволяет предположить наличие четырех-пятилетнего цикла с варьированием от 3 до 6 лет. Имеется отчетливо выраженный тренд в форме общего снижения сумм осадков за ТП в течение всего 27-летнего периода наблюдений. Этот тренд подтверждается ходом последовательных (не скользящих) пятилетних сумм осадков за ТП:

| Годы | Сумма, мм | Годы | Сумма, мм |
|---|---|---|---|
| 1947-1951 | 1858 | 1962-1966 | 1543 |
| 1952-1956 | 1661 | 1967-1971 | 1422 |
| 1957-1961 | 1653 | | |

Временной ход величины испаряемости (рис. 3,А и Б) отличается тем, что на графиках четко выделяются три периода: 1947-1958, 1959-1968 и 1969-1973 гг. В течение первого из них испаряемость ниже 27-летней средней, затем она быстро нарастает и в течение второго периода существенно превышает указанную среднюю. В третий период она опять ниже средней. Такой ход позволяет предположить наличие 20-22-летнего цикла, для точного выявления которого 27 лет, конечно, недостаточно. Скользящая кривая свидетельствует о наличии шестилетнего цикла с варьированием от

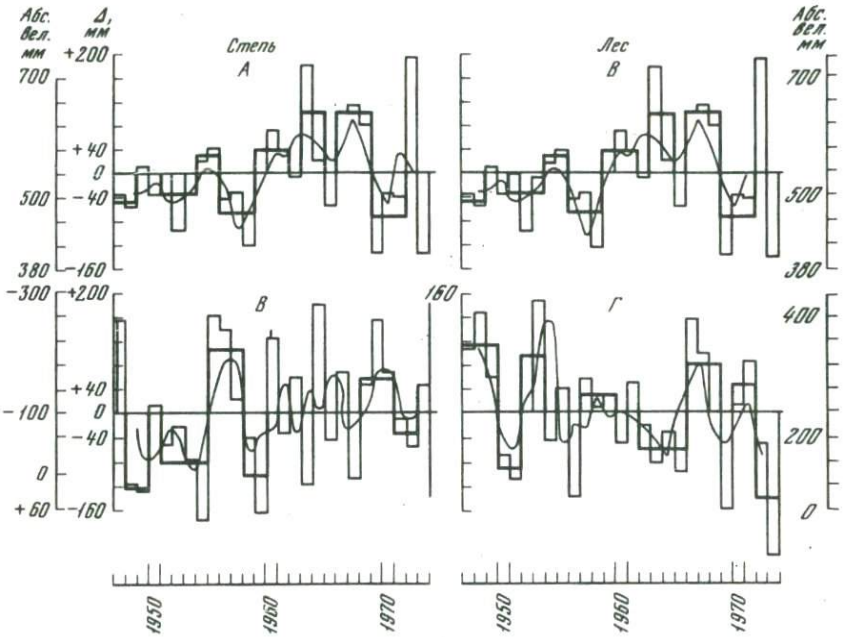



Рис. 3. Временной ход величин испаряемости (*А, Б*) и расхода влаги из запасов почвы (*В, Г*)

4 до 8 лет. Однолетних серий пять, т.е. меньше нормы, двух- и трехлетних – по три и четырехлетняя – одна.

Особенностью расхода влаги из почвенного запаса в степи (рис. 3,В) является непрерывная группа из восьми однолетних серий за период 1953–1960 гг. Всего же однолетних серий десять, т.е. значительно больше нормы. Здесь особенно отчетливо выявляется противоречивость между ходом скользящей кривой и чередованием однолетних серий. Начальный и заключительный отрезки 27-летнего периода (1947–1952 и 1965–1973 гг.) характеризуются сочетанием четырехлетних серий. Пики на скользящей кривой позволяют предположить существование четырех-пятилетнего цикла, а ее общее направление свидетельствует о наличии восходящего тренда. Это подтверждается следующими последовательными (не скользящими) пятилетними суммами расходов:

| Годы | Расходы, мм | Годы | Расходы, мм |
|---|---|---|---|
| 1947–1951 | 291 | 1962–1966 | 396 |
| 1952–1956 | 389 | 1967–1971 | 762 |
| 1957–1961 | 632 | | |

Тот же элемент водного режима в лесу (рис. 3,Г) имеет всего шесть однолетних серий, из которых три (1954–1956 гг.) совпа-

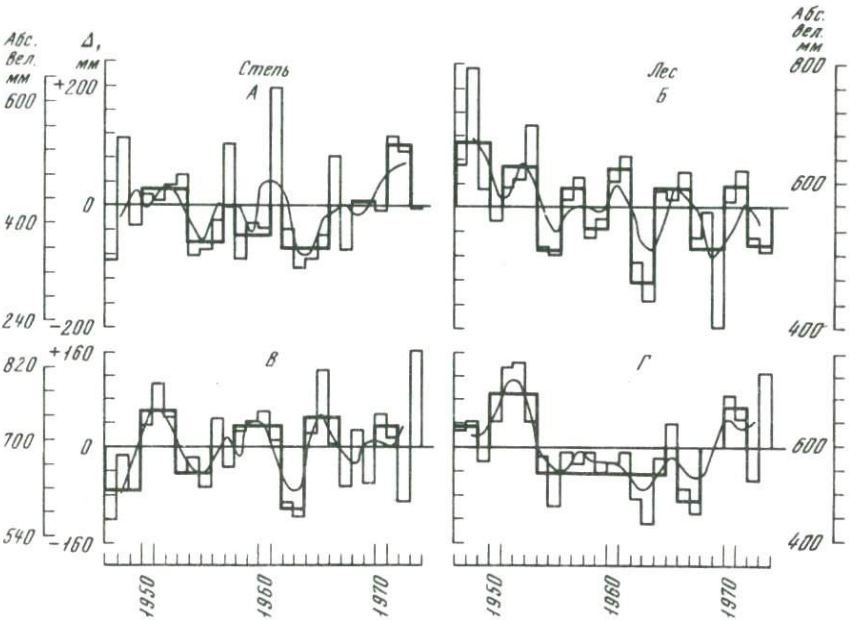



Рис. 4. Временной ход величин суммарного расхода влаги (*А, Б*) и осеннего запаса влаги в почве (*В, Г*)

дают с наблюдающимися в степи. Остальные величины в этом ряду группируются в двух-четырехлетние серии. По пикам скользящей кривой можно предположить существование четырех-пятилетнего цикла, который в середине периода (1955-1964 гг.) дал удвоение. И в целом как группировка в серии величин расхода влаги из запаса, так и соответствующие скользящие кривые сходны.

Заслуживает внимания еще и тот факт, что непрерывные группы из восьми однолетних серий, наблюдающиеся и в степи, и в лесу, не сопряжены с какой-либо аналогичной группировкой сумм осадков ни в ХП (см. рис. 1,А), ни в ТП (см. рис. 2,В и Г). Все это свидетельствует о значительной автономности элементов водного режима почв.

Для величины общего расхода влаги в степи (рис. 4,А) характерна разбросанность восьми (т.е. нормального числа) однолетних серий во всем 27-летнем периоде. Только три из них сгруппированы в начале этого периода. Однолетние серии разделены преимущественно трех-четырехлетними сериями, число которых (3 и 2 соответственно) вдвое выше нормы. Скользящая кривая предположительно указывает на семилетний цикл с варьированием от 3 до 7 лет.

Ход того же элемента водного режима в лесу (см. рис. 2,Б) отличается очень резко. Он характеризуется наличием всего лишь одной однолетней серии. Остальные серии, длиной в 2 и 3 года,

Таблица 10

| Годы | Суммарный расход, мм | Расход из запаса, мм | Осадки за ТП, мм | Испаряемость, мм |
|---|---|---|---|---|
| | | Лес | | |
| 1947-1951 | 3 182 | 1 381 | 1 801 | 2 590 |
| 1952-1956 | 2 895 | 1 266 | 1 629 | 2 611 |
| 1957-1961 | 2 955 | 1 328 | 1 627 | 2 659 |
| 1962-1966 | 2 694 | 1 161 | 1 533 | 2 950 |
| 1967-1971 | 2 655 | 1 272 | 1 383 | 2 688 |
| Суммы | 14 381 | 6 408 | 7 973 | 13 498 |
| | | Степь | | |
| 1947-1951 | 2 149 | 291 | 1 858 | 2 590 |
| 1952-1956 | 2 050 | 389 | 1 661 | 2 611 |
| 1957-1961 | 2 285 | 632 | 1 653 | 2 659 |
| 1962-1966 | 1 939 | 396 | 1 543 | 2 950 |
| 1967-1971 | 2 184 | 762 | 1 422 | 2 688 |
| Суммы | 10 607 | 2 470 | 8 137 | 13 498 |

число которых (7 и 4 соответственно) вдвое больше нормы, образуют четырех-пятилетние элементарные циклы. Скользящая кривая позволяет предположить существование тоже четырех-пятилетних циклов, с варьированием от 3 до 6 лет. Кроме того, взаимное расположение отрицательных серий и отрицательных пиков на скользящей кривой свидетельствует о наличии отчетливо выраженного нисходящего тренда, что подтверждается величинами последовательных пятилетних сумм за 1947-1971 гг. (табл. 10). Как видно из этих цифр, основной причиной тренда является снижение сумм осадков за ТП, ход которых обнаруживает такой же тренд.

Мы видим, что в степи аналогичного тренда в величинах суммарного расхода не наблюдается. В то же время в степи имеет место восходящий тренд в величинах расхода из почвенного запаса, прерванный в пятилетие 1962-1966 гг. с очень высокой величиной испаряемости. В степи два тернда противоположного направления (сумма осадков за ТП и расход влаги из запаса) взаимно компенсируются, т.е. уменьшение количества осадков полностью уравновешивается увеличением расхода из запаса.

Осенний запас влаги в степи (см. рис. 4,В) характеризуется нормальным по сравнению с М.О. числом однолетних (7) серий, разбросанных тремя группами по всему 27-летнему периоду и разделенных двух-, трех- и четырехлетними сериями. Число двухлетних серий (2) вдвое ниже нормы, а число трехлетних (4) вдвое

выше. Скользящая кривая позволяет предположить существование семилетнего цикла с варьированием от 6 до 8 лет.

Тот же элемент водного режима в лесу (см. рис. 4,Г) имеет совершенно иной ход во времени. В нем появляется 11-летняя отрицательная серия (1954-1964 гг.). Ее возникновение можно пытаться связать с увеличением испаряемости (см. рис. 3,А и Б) начиная с 1960 г., т.е. с середины указанной 11-летней серии. Резкому увеличению величин осеннего запаса (см. рис. 4,Г) в последний год 27-летнего периода соответствует повышенное количество осадков за ТП в этом году (см. рис. 2,Б) и пониженная испаряемость (см. рис. 3,Б). Скользящая кривая на рис. 4,Г позволяет предположить наличие шестилетнего цикла с варьированием от 5 до 8 лет.

Ход величины осеннего дефицита влаги в почве графически не изображен, и останавливаться на нем мы не будем, поскольку он представляет собой зеркальное отражение рассмотренного только что хода величин осеннего запаса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Был исследован 27-летний (1947-1973 гг.) ряд результатов наблюдений над основными факторами и элементами водного режима целинных типичных мощных черноземов под нескашиваемой степью и дубовым лесом на территории Центрально-Черноземного государственного заповедника (Курская область). Исследовались ряды величин полугодовых сумм осадков, испаряемости, весенних приращений запаса влаги в почве, самих величин запаса, расхода влаги из весеннего запаса, суммарного осеннего запаса влаги и его осеннего дефицита.

Анализ был выполнен двумя методами: путем построения кривых скользящих средних трехлетних сумм и разложением многолетних рядов на серии.

Установлено, что названные элементы и факторы водного режима почв в своем многолетнем ходе сочетаются в чередующиеся серии различной длины с положительными и отрицательными отклонениями по отношению к средней (за весь период наблюдений) величине. Длина серий, М.О. которой равно двум годам, варьирует от 1 до 11 лет, причем серии длиннее четырех лет встречаются лишь единично.

Частота встречаемости серий разной длины убывает с возрастанием последней, причем в общем это убывание следует закону случайного распределения. Однако последнее является лишь общим фоном, на который налагается сложное совместное влияние различных природных явлений.

Временной ход каждого компонента водного режима почв управляется особым сочетанием этих явлений, что находит выражение в существенных различиях в общем числе серий, в порядке чередования серий, в форме скользящих кривых и т.д. Среди причин различий важное место занимают экологические особенности травянистого и древесного фитоценозов. Выявлена отчетливая тенден-

ция к возникновению под лесом большего числа длинных серий и меньшего числа коротких, чем это соответствует математическому ожиданию при случайном распределении. Это говорит о том, что упорядочивающее влияние на водный режим почвы лесной растительности сильнее, чем травянистой.

Средние величины отклонений исследованных величин от их средних за весь период наблюдений значений, выраженные в миллиметрах водного слоя, почти для всех исследованных рядов оказались близкими, составив 55–85 мм за среднее полугодие и 110–160 мм за среднюю серию. Эти средние величины отклонений не коррелируют с абсолютными значениями самих величин, характеризующих изучавшиеся факторы и элементы водного режима почв.

Смежные серии различных знаков и различной длины сочетаются в элементарные циклы длиной от 2 до 15 лет, причем в подавляющем большинстве случаев их длина укладывается в интервал 2–7 лет при М.О., равном 4 годам. В варьировании длины элементарных циклов случайное распределение играет меньшую роль, чем в варьировании серий.

Кривые скользящих средних трехлетних сумм во многих случаях свидетельствуют о существовании пяти–семилетних циклов. Вместе с тем они указывают на наличие циклов и более длинных, для точного выявления которых 27–летний ряд наблюдений недостаточен.

Разложение на серии является целесообразным приемом выявления цикличности временных рядов элементов и факторов водного режима почв, особенно в отношении коротких циклов (до 10 лет).

ЛИТЕРАТУРА


Абрамова М.М. К вопросу об эффективности летних осадков. – Почвоведение, 1962, № 9.

Афанасьева Е.А. Происхождение и свойства мощных черноземов Стрелецкой степи. – Труды Почв. ин–та им. В.В. Докучаева, 1947, т. 25.

Афанасьева Е.А. Черноземы Средне–Русской возвышенности. М., "Наука", 1966.

Большаков А.Ф. Водный режим мощных черноземов Средне–Русской возвышенности. М., Изд–во АН СССР, 1961.

Дроздов О.А. и Григорьева А.С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. Л., Гидрометеоиздат, 1971.

Дунин–Барковский И.В. и Смирнов Н.В. Теория вероятностей и математическая статистика. М., Гостехиздат, 1955.

Иванов Н.Н. Зоны увлажнения на земном шаре. – Изв. АН СССР, серия геогр., 1941, № 3.

Небольсин С.И. и Надеев П.И. Элементарный поверхностный сток. Л.–М., 1937.

Оловянникова И.Н. Водный режим целинной растительности солонцового комплекса Прикаспия в условиях лесоразведения. – В сб.: Искусственные насаждения и их водный режим в зоне каштановых почв. М., "Наука", 1966.

Хальд А. Математическая статистика. М.–Л., 1956.

ABSTRACT

Factors and elements of water regime of thick chernozems under virgin steppe and oak forest during the time period of 27 years ware investigated to the depth of 3m. The following components of water regime were observed: amount of precipitation during the cold and the warm seasons, potential evapora- water reserves in soils and their increase in spring, utilization of water during the warm period and the whole year, autumn water reserves and deficit.

Ranges of fluctuations of these values during the whole period of observation compose series varying both in tendency and length. The latter is equal approximately to 2 years, ranging within 1–4 years and rarely reaching 11. Neighbour series with different signes form elementary cycles. Their mean length is equal to 4 years, which corresponds to mathematical expectation and varies within 2–7, very rarely – 15 years. Elementary cycles are less subjected to casual factors than the series. Subdivision of the observation period into series, realized in this work proves to be a rational method of investigation of elementary cycles in soil water regime agents and elements. Method of sliding curves of three years long mean sums, applied in the work, allowed to reveal the existance of 6–7 years long cycles for the majority of phenomena investigated. More long cycles (22–20 years) are supposed to exist as well, but the 27 years of observation are not sufficient to disclose them for sure.

*В.М. Боровский, Ж.А. Аханов*

# ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ В СТЕПНЫХ ЗАСУШЛИВЫХ РАЙОНАХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

На долю Казахстана приходится 15% пашни от общей ее площади в стране. В степных районах Северного Казахстана с черноземными, темно-каштановыми и каштановыми почвами обрабатывается около 28 млн. га, что составляет 81,3% всей пашни республики (свыше 35 млн. га). Это один из основных районов Казахстана по производству зерна яровой пшеницы с высоким содержанием белка.

Однако степи Северного Казахстана характеризуются крайней засушливостью, значительно большей, чем аналогичные зоны Европейской части СССР. Среднее многолетнее количество атмосферных осадков показано в табл. 1; максимум их отмечается в июле, а минимум – в мае-июне, количество осадков крайне неустойчиво по годам.

В подзоне обыкновенных черноземов отношение осадков к испаряемости (за теплый период с температурой выше $10^{\circ}$) составляет 1:4, южных черноземов – 1:5, каштановых почв – 1:7. В подзоне обыкновенных черноземов повторяемость лет с засухой составляет 10-30%, а с сильной засухой – 10%, в подзоне южных черноземов и каштановых почв с засухой – соответственно 40-50 и 50-60%, а с сильной засухой – 20 и 30-40% (табл. 1). Поэтому средние многолетние урожаи яровой пшеницы очень низкие: по данным ЦСУ, с 1945 по 1972 г. на черноземах они составляли 11 – 14 ц/га, а в зоне каштановых почв – 5-6 ц/га.

Известно, что для мягких и твердых сортов яровой пшеницы необходима сумма активных температур от 1400-1590 до 1700-1805°. Термические ресурсы вегетационного периода выражаются суммой положительных температур (за период с температурой выше $10^{\circ}$С) от 2050 до 2600°, что во всех указанных подзонах полностью обеспечивает достаточным количеством тепла все сорта яровой пшеницы.

Следовательно, основным фактором, лимитирующим урожай, здесь является недостаток и неустойчивость атмосферных осадков. В связи с этим, пользуясь известным канадским методом расчета (Хорошилов, 1966), мы определили максимально возможные урожаи яровой пшеницы, которые обеспечиваются естественными ресурсами влаги при оптимальности всех остальных факторов. Сущность расчета заключается в эмпирически установленном положении, что на формирование первых 10 ц/га урожая затрачивается 250 мм осадков, а каждый последующий 1 ц/га требует еще 8-10 мм.

Таблица 1

Расчет воды на дополнительные поливы с учетом урожайности яровой пшеницы и агроклиматических показателей почвенно-географических зон и подзон Казахстана

| Почвенные зоны и подзоны | Коэффициент увлажнения* | Повторяемость лет, % | | Продолжительность периода с температурой выше 10°, дни | Средняя сумма температур воздуха выше 10°, °С | Среднегодовое количество осадков за период с температурами выше 10°, мм | Отношение осадков к испарению (за теплый период) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | с засухой | с сильной засухой | | | | |
| Зона лесостепи с выщелоченными черноземами и лугово-черноземными почвами | 0,45-0,35 / 1-0,77 | 8 | - | 125 | 2050 | 400 | - |
| Подзона умеренно засушливой степи с обыкновенными черноземами | 0,35-0,25 / 0,77-0,55 | 10-30 | 10 | 130-155 | 2250 | 180 | 1:3,5 |
| Подзона засушливой степи с южными черноземами | 0,25-0,20 / 0,55-0,44 | 40-50 | 20 | 140-145 | 2350 | 225 | 1:5 |
| Умеренно сухая и сухая степь с темно-каштановыми почвами | 0,20-0,15 / 0,44-0,33 | 50-60 | 30-40 | 145-150 | 2600 | 187 | 1:7 |

Таблица 1 (окончание)

| Почвенные зоны и подзоны | Среднегодовое количество осадков, мм | Урожайность яровой пшеницы, ц/га | | | Необходимое количество воды для дополнительного полива, м$^3$/га | Оросительная норма** (без осадков), м$^3$/га | Общий объем поступления воды** (с учетом водоподачи и осадков), м$^3$/га |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | фактическая многолетняя | расчетная максимально возможная при естественном увлажнении | максимально возможная при естественных тепловых ресурсах и оптимальном увлажнении | | | |
| Зона лесостепи с выщелоченными черноземами и луговочерноземными почвами | 400 | 14 | 25 | 29 | 400 | 520 / 480 | 4520 / 4480 |
| Подзона умеренно засушливой степи с обыкновенными черноземами | 350 | 11 | 20 | 32 | 1200 | 1560 / 1440 | 5060 / 4940 |
| Подзона засушливой степи с южными черноземами | 300 | 7 | 16 | 33 | 1700 | 2210 / 2040 | 5210 / 5040 |
| Умеренно сухая и сухая степь с темно-каштановыми почвами | 250 | 6 | – | 37 | 3700 | 4810 / 4440 | 7310 / 6940 |

* Числитель – по Иванову, знаменатель – по Шашко. ** При КПД системы 0,7 (числитель) и 0,8 (знаменатель).

Потенциальный максимум урожая в среднемноголетнем разрезе (Давитая, Сапожникова, 1963), определяемый условиями увлажнения, составляет на черноземах от 16 до 20 ц/га. Некоторые передовые хозяйства, например опытный совхоз ВНИИЗХ (Шортанды), получают по 12,5 ц/га. Поднять же урожайность с помощью только агротехнических мероприятий (удобрение, лучшие сорта и обработка), без коренного воздействия на основной лимитирующий фактор - влагу - свыше установленного теоретического предела едва ли возможно. В условиях оптимального увлажнения почв естественные климатические ресурсы (тепло и свет) позволяют повысить урожайность до 32-33 ц/га, что в 3-4 раза больше фактического среднемноголетнего.

Судя по расчетам, приведенным в табл. 2, наибольший эффект от орошения возможен в Казахстане, где можно получить значительную прибавку урожая за счет орошения.

Опыт орошения в РСФСР и на севере Казахстана подтверждает правильность проведенных выше расчетов эффективности орошения зерновых (табл. 3); фактическая прибавка урожая от орошения в Поволжье составила 14-17 ц/га, в Западной Сибири еще меньше - 10,7 ц/га, а в Казахстане (Семипалатинская обл.) - 24,9 ц/га (Маринич, 1972). По нашим опытным данным, в Целиноградской области на темно-каштановых почвах прибавка от орошения в среднем за 4 года составила 27,4 ц/га, что значительно выше расчетов климатологов.

В колхозе "30 лет Казахстана" Павлодарской области на производственных площадях при орошении на базе артезианских скважин на каштановых супесчаных почвах получены урожаи, показанные в табл. 4.

Артезианские подземные воды распространены на обширной территории по всему Прииртышью, включающему части Павлодарской и Семипалатинской областей. Мощность верхнего, так называемого ипатовского горизонта составляет 70-80 м, а нижнего, покурского - 150-350 м. Общие эксплуатационные запасы подземных вод этих горизонтов, подсчитанные только для павлодарской части, составляют около 20 $м^3$/сек, т.е. воду можно извлекать из пласта для водоснабжения и орошения. Напомним, что для использования рекомендуется только восполняющаяся часть подземных вод. В правобережной, безводной части Иртыша в пределах Павлодарской области за счет этих вод можно оросить до 30-40 тыс. га земель.

В целом Прииртышье представляет собой южную и юго-восточную части западносибирского артезианского бассейна; на этой обширной территории, тяготеющей к Казахстану, имеется четко выраженная область питания глубоких водоносных горизонтов.

Пополнение запасов подземных водоносных горизонтов происходит в основном в районе Семипалатинского Прииртышья, в пределах так называемых боровых песков, реликтовых сосновых лесов и отчасти ленточных боров Кулундинской степи. Отсюда поток подземных вод, сформировавшийся в меловых отложениях на глубинах

Таблица 2

Эффективность орошения в СССР (по Давитая и Сапожниковой, 1963)

| Район | Продуктивность климата, ц/га зерновых | | |
|---|---|---|---|
| | при естественном увлажнении | при оптимальном орошении | прибавка урожая за счет орошения |
| Украинская ССР. Степь (Ворошиловградская, Днепропетровская, Запорожская, Кировоградская, Крымская, Николаевская, Одесская, Донецкая, Херсонская области) | 34 | 50 | 16 |
| Молдавская ССР | 40 | 51 | 11 |
| Поволжье (Татарская АССР, Ульяновская, Куйбышевская, Пензенская, Саратовская, Волгоградская области) | 30 | 43 | 13 |
| Северный Кавказ (Ставропольский край, Ростовская обл., Дагестанская, Чечено-Ингушская, Северо-Осетинская, Кабардино-Балкарская, Калмыцкая АССР) | 39 | 54 | 15 |
| Краснодарский край | 45 | 58 | 13 |
| Северный Казахстан (черноземные и темно-каштановые почвы) | 16 | 33 | 17 |
| Карагандинская обл. | – | 50 | 50 |
| Алма-Атинская и Джамбулская области | – | 56 | 56 |
| Кзыл-Ординская и Чимкентская области | – | 67 | 67 |

100–150 м, движется на северо-запад, в сторону Павлодара и Омска, постепенно погружаясь на глубину до 2000 м.

При использовании подземных вод для водоснабжения и особенно для орошения следует предусматризать эксплуатацию только восстанавливаемой или беспрерывно пополняемой части запасов.

Опыт орошения зерновых, проведенный Г.С. Тереховым в Целиноградской области, дал весьма интересные результаты. Эксперименты проводились на массиве Селетинской оросительной системы, в северо-восточной части Центрально-Казахстанского мелкосопочника.

Таблица 3

Эффективность орошения яровой пшеницы*

| Область | Средний урожай зерна, ц/га | | Прибавка урожая от орошения, ц/га | Источник |
|---|---|---|---|---|
| | на богаре | при орошении | | |
| РСФСР | | | | |
| Саратовская обл. | 12,8 | 30,4 | 17,6 | Маринич, |
| Куйбышевская обл. | 16,9 | 31,5 | 14,6 | 1972 г. |
| Волгоградская обл. | 13,8 | 31,0 | 17,2 | |
| Западная Сибирь | 16,2 | 25,5 | 9,3 | |
| Казахстан | | | | |
| Целиноградская обл. | 7,1 | 34,5 | 27,4 | Опыты Ин-та |
| Семипалатинская обл. | 8,6 | 35,7 | 27,1 | почв. АН КазССР (Маринич, 1972 г.) |

*Сорта яровой пшеницы "Саратовская-29,-36,-38".

Таблица 4

Эффективность орошения зерновых культур в колхозе "30 лет Казахстана" Павлодарской области КазССР (Опыт использования артезианских вод для орошения и водоснабжения, 1972)

| Культура | Урожайность, ц/га | | |
|---|---|---|---|
| | на богаре | при орошении | прибавка, ц/га |
| Пшеница яровая | 4,1 | 17,8 | 13,7 |
| Ячмень яровой | 3,7 | 21,0 | 17,3 |
| Овес | 5,3 | 25,5 | 20,2 |
| Кукуруза (зеленая масса) | 72,0 | 318,0 | 246,0 |

Таблица 5

Химические свойства темно-каштановых карбонатных почв,

| Глубина, образца, см | Гумус, % | Подвижные, мг/100 г | | Гидролизуемый азот, мг/100 г | $CO_2$, % |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $P_2O_5$ | $K_2O$ | | |
| 0-20 | 3,06 | 1,40 | 61,92 | 6,40 | 1,45 |
| 30-40 | 1,99 | 0,60 | 28,80 | 4,00 | 2,80 |
| 60-80 | 1,07 | 0,30 | 20,64 | 2,80 | 3,67 |
| 100-120 | - | - | - | - | 4,37 |

Для характеристики почвы орошаемого участка заложен разрез 1.

Слабоволнистая денудационная равнина, сложенная третичными глинами мощностью 10-25 м и покровными четвертичными суглинистыми и глинистыми отложениями мощностью 10-13 м.

0-20 см (пахотный). Темно-серый, свежий, непрочно-комковато-пороховатый, среднесуглинистый, рыхлый, хорошо скреплен корешками. Вскипает от HCl с поверхности. Переход ясный.

20-60 см. Серовато-бурый, с гумусовыми затеками, свежий, крупно-призмовидный и комковатый по гумусовым затекам, тяжелосуглинистый. Сильно уплотнен. Карбонаты в виде потеков и редкой белоглазки с глубины 25 см. Слабо пронизан корешками. Переход постепенный.

60-100 см. Бурый, с редкими гумусовыми затеками, свежий, глыбисто-призмовидный, тяжелосуглинистый. Плотный, тонкопористый. Карбонаты в виде потеков. Единичные корни растений. Переход постепенный.

100-170 см. Желтовато-бурый, свежий, комковатый, тяжелый суглинок. Плотный. Переход постепенный.

170-360 см. Темно-бурый, слабо увлажненный, легкий суглинок, сильно уплотнен. Встречается мелкокристаллический гипс.

По морфологическому описанию и по данным химического анализа (табл. 5, 6) почвы участка относятся к темно-каштановым карбонатным, с мощностью гумусового горизонта до 60 см. Содержание поглощенного натрия в пахотном горизонте 0,3%, на глубине 100-120 см доходит до 5,6%. Верхний двухметровый слой почвы не засолен: сумма солей на глубине 0-100 см - менее 0,1%, а на глубине 100-200 см - около 0,2%.

Илистая фракция в пахотном горизонте составляет 21,76%, в горизонте В - 28,0-38,0 и достигает максимальной величины в материнской породе - 43% (табл. 7). Фактор дисперсности находится в

разрез 1

| Поглощенные основания | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| мг-экв на 100 г | | | % от суммы | | |
| Ca | Mg | Na | Ca | Mg | Na |
| 24,50 | 2,50 | 0,10 | 90,7 | 9,0 | 0,3 |
| 21,50 | 5,00 | 0,13 | 81,1 | 18,5 | 0,4 |
| 18,00 | 9,50 | 0,27 | 64,9 | 34,1 | 1,0 |
| 12,50 | 10,50 | 1,39 | 51,6 | 42,8 | 5,6 |

пределах 2,9-9,50 и показывает высокую потенциальную способность почв к оструктуриванию.

Опыты по орошению зерновых (пшеница "Саратовская-29") включали три варианта поливов. Поливная норма устанавливалась с учетом промачивания корнеобитаемого слоя почвы. Кроме того, были заложены опыты по изучению удобрений. Норма удобрений устанавливалась расчетным методом, с учетом почвенных запасов элементов питания.

Урожайность на контроле определялась погодными условиями вегетационного периода: во влажном 1972 году она достигала 26,8 ц/га, а в сухие 1973-1974 годы снизилась до 7,0-3,0 ц/га. Удобрения на контроле обеспечили высокую (6,7 ц/га) прибавку урожая во влажном 1972 году, незначительную (2,2 ц/га) в среднезасушливом 1973 году и практически не действовали в сильнозасушливом 1974 году.

По режиму орошения наиболее эффективным оказался вариант с поливами при влажности 70-75% от ППВ. На данном варианте без внесения удобрений урожай пшеницы составил: в 1972 г - 32,2 ц/га, в 1973 г. - 25,2 ц/га, в 1974 г. - 25,8 ц/га, а прибавка урожая по сравнению с контролем составила соответственно 10,4; 9,8 и 11,2 ц/га. Варианты опыта, где поливы назначались по фазам развития пшеницы, оказались менее эффективными (табл. 8).

Оросительная норма в зависимости от климатических условий года в варианте полива при 70-75%-ной влажности почвы (от ППВ) колебалась от 650 до 2250 $м^3$/га, а общее водопотребление - от 3830 до 4460 $м^3$/га. Во влажный 1972 год до 60% этой величины обеспечивалось атмосферными осадками, 25% - почвенными запасами влаги и лишь 15% - поливами. В засушливые годы доля поливной воды возрастала до 50% (табл. 9).

Эффективность минеральных удобрений значительно выше при орошении. В среднем за три года прибавка урожая от внесения удобрений при орошении составила 10,5 ц/га, причем наиболее эффективны

Таблица 6

Анализ водной вытяжки, разрез 1

| Глубина образца, см | Сумма солей, % | Щелочность в $HCO_3^{-1}$ | $Cl^{-1}$ | $SO_4^{-2}$ | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+1}+K^{+1}$ | Гипс, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0–20 | 0,07 | 0,034* / 0,56 | 0,004 / 0,11 | 0,014 / 0,30 | 0,014 / 0,70 | 0,002 / 0,20 | 0,002 / 0,07 | – |
| 30–40 | 0,09 | 0,001 / 0,03 | 0,001 / 0,03 | 0,032 / 0,67 | 0,013 / 0,65 | 0,007 / 0,55 | 0,002 / 0,07 | – |
| 60–80 | 0,09 | 0,007 / 0,08 | 0,003 / 0,08 | 0,015 / 0,30 | 0,004 / 0,20 | 0,003 / 0,25 | 0,018 / 0,79 | – |
| 80–100 | 0,119 | 0,012 / 0,34 | 0,06 / 0,16 | 0,017 / 0,35 | 0,003 / 0,15 | 0,002 / 0,15 | 0,028 / 1,24 | – |
| 120–140 | 0,224 | 0,022 / 0,62 | 0,022 / 0,62 | 0,070 / 1,45 | 0,003 / 0,15 | 0,008 / 0,55 | 0,056 / 2,46 | – |
| 160–180 | 0,242 | 0,038 / 1,06 | 0,038 / 1,57 | 0,075 / 0,20 | 0,007 / 0,20 | 0,002 / 0,20 | 0,071 / 3,10 | 0,011 |
| 200–300 | 0,387 | 0,075 / 2,12 | 0,075 / 2,12 | 0,147 / 3,07 | 0,008 / 0,40 | 0,014 / 1,20 | 0,099 / 4,31 | 0,068 |
| 400–500 | 0,308 | 0,077 / 2,17 | 0,077 / 2,17 | 0,092 / 1,42 | 0,007 / 0,35 | 0,007 / 0,60 | 0,085 / 3,71 | – |

* Числитель – проценты, знаменатель – мг-экв на 100 г почвы.

Таблица 7

Механический состав темно-каштановой карбонатной почвы опытного участка, разрез 1, %

| Глубина образца, см | Размер фракции, мм | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1,0-0,25 | 0,25-0,05 | 0,05-0,01 | 0,01-0,005 | 0,005-0,001 | < 0,001 | <0,01 |
| 0-20 | 17,26 | 27,93 | 12,97 | 11,30 | 8,78 | 21,76 | 41,84 |
| | 24,14 | 52,43 | 13,81 | 4,18 | 4,60 | 0,84 | 9,62 |
| 30-40 | 15,64 | 18,94 | 14,74 | 3,37 | 21,05 | 25,26 | 49,78 |
| | 35,81 | 43,97 | 10,54 | 2,95 | 5,47 | 1,26 | 9,68 |
| 60-80 | 14,51 | 12,52 | 16,88 | 9,70 | 15,61 | 30,38 | 55,69 |
| | 24,51 | 46,80 | 10,55 | 9,28 | 7,60 | 1,27 | 18,14 |
| 80-100 | 14,65 | 13,24 | 15,09 | 5,87 | 13,00 | 38,15 | 57,02 |
| | 14,28 | 38,35 | 26,41 | 10,48 | 7,55 | 2,93 | 20,96 |
| 120-140 | 19,03 | 17,66 | 10,48 | 3,77 | 13,84 | 35,22 | 52,83 |
| | 19,83 | 29,03 | 32,70 | 3,71 | 11,32 | 3,35 | 18,44 |
| 160-180 | 10,44 | 27,47 | 13,92 | 13,50 | 13,08 | 40,51 | 67,09 |
| 200-300 | 5,65 | 4,75 | 17,83 | 12,74 | 15,29 | 43,74 | 71,77 |
| 400-500 | 8,30 | 5,27 | 14,83 | 9,74 | 18,22 | 43,64 | 71,60 |

Таблица 8

Влияние орошения и удобрений на урожайность яровой пшеницы "Сара

| Опыт | Контроль | $N_{60}K_{60}$ | $P_{60}K_{60}$ | $N_{60}P_{60}$ |
|---|---|---|---|---|
| 1972 г. | | | | |
| Контроль (без орошения) | 26,8 | 30,3 | 29,8 | 32,4 |
| Полив при влажности почвы 70–75% от ППВ | 32,2 | 34,8 | 33,8 | 39,2 |
| 1973 г. | | | | |
| Контроль (без орошения) | 7,1 | 7,9 | 7,9 | 9,1 |
| Один полив (в фазу кущения) | 11,3 | 13,3 | 13,0 | 13,0 |
| Два полива (в фазу кущения и трубкования) | 15,7 | 17,0 | 16,3 | 16,3 |
| Полив при влажности почвы 70–75% от ППВ | 25,2 | 27,0 | 27,1 | 29,4 |
| 1974 г. | | | | |
| Контроль (без орошения) | 3,0 | 3,2 | 3,2 | 3,5 |
| Один полив (в фазу кущения) | 17,7 | 13,6 | 13,6 | 15,7 |
| Два полива (кущение, трубкование) | 16,7 | 17,0 | 17,2 | 20,4 |
| Три полива (кущение, трубкование, колошение) | 20,8 | 21,5 | 23,7 | 24,0 |
| Поливы при влажности почвы 70–75% от ППВ | 25,8 | 25,8 | 27,7 | 30,9 |

* Средняя урожайность по совхозу: в 1972 г. 12,5 ц/га; в 1973 г. 6,3

Таблица 9

Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления пшеницы

| Вариант опыта | Год наблюдения | Суммарное водопотребление, мм | Осадки, мм | Поливы, мм |
|---|---|---|---|---|
| 1. Контроль (без орошения) | 1972 | 318 | 214,8 | – |
| | 1973 | 260 | 173,0 | – |
| | 1974 | 181,4 | 104,4 | – |
| 2. Один полив (фаза кущения) | 1973 | 325,0 | 172,0 | 65,0 |
| | 1974 | 285,0 | 140 | 65,0 |
| 3. Два полива (фаза кущения) | 1973 | 370,0 | 173,0 | 110,0 |
| | 1974 | 346,0 | 140,0 | 125,0 |
| 4. Три полива (фаза кущения, трубкования, колошения) | 1974 | 401,0 | 140,0 | 180,0 |
| 5. Поливы при влажности почвы 70–75% от ППВ | 1972 | 383,0 | 214,8 | 65,0 |
| | 1973 | 435,0 | 173,0 | 175,0 |
| | 1974 | 446,0 | 140,0 | 225,0 |

товская-29", ц/га

| $N_{60}P_{60}K_{60}$ | $N_{120}P_{90}K_{60}$ | $N_{180}P_{140}K_{60}$ | $N_{180}P_{140}$ |
|---|---|---|---|
| 32,9 | 33,5 | – | – |
| 39,5 | 41,2 | 42,4 | 42,6 |
| 9,1 | 9,3 | – | – |
| 14,0 | 15,4 | 16,9 | 16,9 |
| 18,9 | 18,9 | 20,8 | 21,8 |
| 29,5 | 33,4 | 35,0 | 35,0 |
| 3,5 | 3,5 | – | – |
| 15,8 | 17,1 | 17,4 | 17,2 |
| 20,7 | 22,2 | 22,2 | 24,5 |
| 24,5 | 25,9 | 25,9 | 27,3 |
| 33,2 | 35,7 | 37,2 | 37,0 |

ц/га; в 1974 г. 2,2 ц/га.

"Саратовская-29" при различных режимах орошения

| Запасы почвы, мм | Урожай, ц/га | | Коэффициент водопотребления, мм | |
|---|---|---|---|---|
| | без удобрений | по фону $N_{180}P_{140}$ | без удобрений | по фону $N_{180}P_{140}$ |
| 103,2 | 26,8 | 33,5 | 118,6 | 95,0 |
| 87,0 | 7,1 | 9,3 | 366,1 | 280,0 |
| 81,0 | 8,0 | 3,9 | 604,7 | 465,0 |
| 87,1 | 11,3 | 16,9 | 287,6 | 192,3 |
| 81,0 | 137 | 17,2 | 208,0 | 165,7 |
| 87,0 | 15,7 | 21,8 | 235,6 | 170,0 |
| 81,0 | 16,7 | 24,9 | 207,2 | 139,5 |
| 81,0 | 20,8 | 27,3 | 192,8 | 147,0 |
| 81,0 | 33,2 | 42,6 | 115,3 | 90,0 |
| 87,0 | 25,0 | 35,0 | 172,6 | 124,2 |
| 81,0 | 25,8 | 37,2 | 173,0 | 119,8 |

Таблица 10

Качественный состав зерна яровой пшеницы "Саратовская-29"

| Вариант опыта | Натура, г/м | Стекловидность, % | Содержание клейковины, % | | Содержание белка, % |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | в зерне | в муке | |
| Контроль (без орошения) | 742 | 62 | 21,6 | 27,6 | 16,64 |
| $N_{60}P_{60}K_{60}$ (без орошения) | 747 | 69 | 26,8 | 30,4 | 17,31 |
| $N_{120}P_{90}K_{60}$ (без орошения) | 749 | 73 | 28,2 | 34,4 | 17,47 |
| Контроль (при орошении) | 741 | 57 | 25,1 | 28,0 | 14,84 |
| $N_{60}P_{60}K_{60}$ (при орошении) | 763 | 71 | 26,0 | 29,6 | 16,16 |
| $N_{120}P_{90}K_{60}$ (при орошении) | 752 | 68 | 27,8 | 33,7 | 15,98 |

азотные удобрения. Следует отметить, что содержание белка при орошении несколько уменьшается. Однако внесение полного удобрения (NPK) выравнивает белковость по сравнению с контролем (табл. 10).

В результате орошения вегетационный период пшеницы "Саратовская-29" увеличивается на 10-30 дней и колеблется в пределах 102-115 дней, что укладывается в благоприятный для ее развития сезон.

При экономической оценке эффективности возделывания яровой пшеницы при орошении установлено, что прибавка урожая 25 ц/га, а по сравнению со средним урожаем в совхозе 31 ц/га, при закупочной цене 9 руб. 40 коп. за 1 ц, составила соответственно 285 и 295 руб.20 коп., затраты же на получение дополнительного урожая в среднем за три года - 62 руб. 70 коп. Таким образом, доход от орошения и удобрений составил 172 руб.30 коп., а по сравнению со средним урожаем в совхозе - 231 руб. 50 коп.

В результате орошения темно-каштановых карбонатных почв наблюдаются некоторые изменения физико-химических свойств.В частности, в конце вегетационного периода объемный вес на контроле равнялся 1,20 г/см$^3$, а на вариантах с орошением - 1,27 и 1,28 г/см$^3$.

В результате орошения происходит интенсивное разрушение фракции размером 0,25-0,5 мм, главным образом в слоях 0-5 и 5-10 см, с уменьшением коэффициента структурности в полтора раза. Орошение значительно изменяет температурный режим. После

полива температура почвы ниже, чем на богаре: у поверхности на 6°С, на глубине 20 см на 4-6, на глубине 40 см на 3-4 и на глубине 80 см на 1-2°С.

На богаре динамика влажности почвы за вегетационный период всецело зависит от увлажненности года. Во влажном 1972 году в момент посева влажность почвы составляла 90% от ППВ, а в фазу выхода в трубку, колошения была равна 0,7 от ППВ и более. Количество атмосферных осадков за вегетационный период составило 215 мм. В засушливые 1973 и 1974 годы к началу кущения пахотный слой иссушался до влажности устойчивого завядания, а перед уборкой влажность метрового слоя почвы уменьшалась до величины максимальной гигроскопичности. Осадки вегетационного периода этих лет обеспечивали незначительное увлажнение лишь верхних 0-10, реже 0-20 см.

На вариантах с поливами по 70-75% от ППВ поддерживалась в основном заданная влажность почвы. Однако перед уборкой она уменьшилась до величины устойчивого завядания растений. Следует отметить, что при поливе дождеванием нормой 650-750 $м^3$/га (фаза выхода в трубку, колошения, молочно-восковой спелости) фильтрации воды за пределы расчетного слоя не наблюдалось. В то же время отмечено потребление растением влаги из второго метрового слоя, оно составляло 17-20% общего использования влаги.

Грунтовые воды орошаемого участка за период 1972-1974 гг. поднялись на 3 м (табл. 11).

Главным источником питания грунтовых вод являются фильтрационные потери из временных оросителей и сбросной сети, расположенных в открытом грунте.

По расчетным данным (по методике Павловского и Аверьянова), из сбросных каналов за сезон фильтруется 20 тыс. $м^3$ воды на 1 км длины каналов, из временных оросителей - 2300 $м^3$, а общие потери составляют 640-700 $м^3$ на 1 га поливной площади.

Таблица 11

Изменение уровня грунтовой воды по годам, м

| № скважины | Уровень грунтовых вод | | | Подъем уровня грунтовых вод за 3 года |
|---|---|---|---|---|
| | 1972 г. | 1973 г. | 1974 г. | |
| 1 | 11,2 | 10,5 | 8,2 | +3,00 |
| 2 | 11,2 | 10,5 | 8,52 | +2,63 |
| 3 | 12,3 | 11,3 | 8,88 | +3,42 |
| 4 | 12,3 | 11,3 | 9,02 | +3,28 |

Величина подземного стока грунтовых вод была не более 400 м$^3$/га. Это значит, что при таком способе орошения возможно достижение критической глубины залегания грунтовых вод через 10 лет.

На основании полученных данных можно отметить следующее:

1. Значительный подъем урожайности зерновых в условиях Северного Казахстана, где традиционно применяется богарное земледелие, возможен лишь при искусственном поливе.

2. Орошение должно осуществляться только дождеванием, нормами, дополняющими недостаток атмосферных осадков.

3. Во избежание потерь оросительных вод на фильтрацию и подъем уровня грунтовых вод, в результате которого возможно вторичное засоление, водоподачу необходимо осуществлять по трубопроводам.

4. Наиболее эффективным является орошение по величине влажности 70–75% от ППВ.

Опытами также установлено, что при глубоком залегании грунтовой воды орошение темно-каштановых почв не вызывает значительных изменений физико-химических свойств почв.

В Казахстане выявлено 90 млн. га земель, пригодных для орошения, в том числе 25 млн. га, не требующих сложных мелиораций. Орошение земель здесь значительно эффективнее, чем во многих других районах страны.

Однако для успешного развития поливного земледелия на Севере Казахстана необходимы специальные комплексные научно-производственные опытные работы, так как здесь орошение по условиям значительно отличается от традиционно применяемого в южных районах.

ЛИТЕРАТУРА


Боровский В.М., Успанов У.У. Почвы Казахстана и опыты их народнохозяйственного испытания. Алма-Ата, 1971.

Давитая Ф.Ф., Сапожникова С.А. Климатические ресурсы сельского хозяйства. – В кн.: Природные ресурсы Советского Союза, их использование и воспроизводство. – М., Изд-во АН СССР, 1963.

Маринич П.Е. Зерновые культуры на орошаемых землях. М., "Колос", 1973.

Опыт использования артезианских вод для орошения и водоснабжения. Алма-Ата, "Наука", 1972.

Постояков К., Никулина А. Лиманное орошение на целине. Алма-Ата, "Кайнар", 1964.

Смирнов Д.С. Лиманы – надежный источник создания кормовой базы в Казахстане. Акмолинск, 1960.

Усов Д.А. Практическое руководство по лиманному орошению. Алма-Ата, "Кайнар", 1969.

Хорошилов И.И. О зарубежном опыте производства зерна и продуктов животноводства в районах, сходных в природном отношении с районами целинных земель. М., 1966.

ABSTRACT

The steppe regions of Northern Kazakhstan are among the most important areas in the republic in the production of cash grain with a high protein content (summer wheat). But these regions are extremely dry and have an irregular rainfall regime, both in the seasonal and annual cycles. According to calculations the potential increase of yield in case of natural moistening and due axcoil treatment may reach 16–20 c/ha on chernozems. Experiments prove, that moistening being sufficient, the yields attain 32–36 c/ha, which is 3–4 times more than the real mean values. Irrigation in the form of sprinkling must be calculated in such a way, that the deficit of natural rainfall would be compensated.

*С.М. Мухамеджанов*

# ОРОШЕНИЕ АРТЕЗИАНСКИМИ ВОДАМИ В КАЗАХСТАНЕ

Подземные воды в условиях Казахстана – один из основных источников водоснабжения, а в пределах тех рагионов и площадей, где вообще отсутствуют поверхностные воды, они являются единственным возможным источником.

Кафедрой геологии и инженерной геологии Казахского политехнического института им. В.И. Ленина совместно с Министерством мелиорации и водного хозяйства КазССР и Министерством геологии КазССР весьма детально изучена гидрогеология Павлодарского и Семипалатинского Прииртышья, подгорных равнин Джунгарского и Заилийского Алатау, долин рек северной части Центрального Казахстана, восточной части Илийской впадины. В пределах этих территорий, административно относящихся к Павлодарской, Семипалатинской, Талды-Курганской, Алма-Атинской и Карагандинской областям, рекомендуемые к эксплуатации запасы подземных вод представляют собой естественные ресурсы или такие запасы подземных вод, которые все время восстанавливаются. Таким образом, предусматривается эксплуатация только восстанавливаемой или беспрерывно пополняемой части запасов.

В перечисленных районах Казахстана выполнены гидрогеологические исследования, которые позволили установить области питания подземных вод, изучить закономерности их формирования, определить естественные ресурсы. Были изучены особенности поступления вод в водоносные горизонты, произведена оценка величины питания в каждом из них.

В Казахстане выполнены работы по оценке естественных ресурсов подземных вод в целом по республике. Их величина составляет 1200 $м^3$/сек. Орошение за счет подземных вод необходимо ориентировать только на этот восстанавливаемый объем, сработка которого не вызовет нарушения сложившегося природного баланса водных ресурсов и не отразится отрицательно на общих запасах вод, связанных с тем или иным комплексом горных пород.

1974 и 1975 годы в Казахстане были весьма засушливыми. Необычайная засуха наблюдалась во многих областях республики, и особенно сильно – в большинстве районов Северо-Восточного Казахстана и в прилегающих к ним районах Западной Сибири и Алтайского края. Сильно пострадали от засухи безлесные степные районы этой зоны, что явилось одной из основных причин получения на богарных землях низкого урожая почти всех сельскохозяйственных

культур. Продуктивность естественных сенокосов и пастбищ была весьма низкой.

Среди обширной степной зоны Северо-Восточного Казахстана зелеными островами выделялись земли хозяйств, использующих для полива и обводнения источники пресной подземной воды. В этих хозяйствах засуха также нанесла существенный урон, но орошаемые земли подстраховали валовые сборы кормовых культур и послужили ощутимым подспорьем в укреплении кормовой базы животноводства.

К числу таких хозяйств относится колхоз "30 лет Казахстана" Успенского района Павлодарской области, где имеется свыше 2300 га поливных земель, на которые вода подается с пробуренных самоизливающихся артезианских скважин.

Колхоз "30 лет Казахстана" расположен в сухостепной части Северного Казахстана, в зоне недостаточного и наустойчивого увлажнения. Почвы зоны подвержены эрозии. Засушливость климата обусловливала получение на богаре низких урожаев сельскохозяйственных культур, а также низкую продуктивность естественных кормовых угодий - сенокосов и пастбищ, что сдерживало развитие сельскохозяйственного производства, особенно животноводства. Отсутствие в колхозе естественных источников пресной воды создавало проблему водоснабжения населенных пунктов и пастбищ. Обычно использовались примитивные неглубокие колодцы - "кудуки", часто с минерализованной грунтовой водой. При таких условиях вопрос об орошении сельскохозяйственных культур и кормовых угодий вообще не ставился.

Высокие темпы развития животноводства потребовали коренной перестройки кормовой базы, развитие которой не должно было зависеть от условий засушливого климата. В успешном решении этого вопроса принципиальное значение имело установление на территории колхоза запасов пресных артезианских подземных вод, залегающих на глубинах 550-1050 м. Использование этих вод позволило решить проблему водоснабжения населенных пунктов, животноводческих объектов, подсобных предприятий и во все расширяющихся масштабах использовать их для орошения сельскохозяйственных культур, многолетних насаждений, культурных кормовых угодий - сенокосов и пастбищ.

Первые разведочные артезианские скважины, пробуренные до верхнего водоносного горизонта, на глубину 550-650 м, имели дебит 15-20 л/сек и использовались для орошения овощей и картофеля на сравнительно небольших участках, площадью 5-10 га.

Створ, состоящий из девяти скважин, позволил создать орошаемый участок на площади 896 га, впоследствии превращенный в семеноводческий участок многолетних злаковых и бобовых трав. На нем орошение проводится с помощью дождевальных машин ДДА-100М. Вода к дождевальным машинам подается по закрытому трубопроводу из искусственного водохранилища объемом 2 млн. $м^3$, созданного за счет подземных вод.

С 1972 г. на территории колхоза осуществляется бурение эксплуатационных скважин специальной конструкции, позволяющих монтировать мощное насосное оборудование, обеспечивающее получение высокого дебита и необходимого напора.

Артезианские скважины глубиной 650–1050 м на самоизливе дают дебит 43–50 л/сек, с естественным напором на устье скважин до 30 м от поверхности земли. Насосы в сочетании с естественным напором и повышенными дебитами на самоизливе позволяют получать до 100 л/сек воды из одной скважины при понижении на 10–13 м. Это обеспечивает работу широкозахватных дождевальных машин "Фрегат" непосредственно от одной скважины. Внедрение в производство высокопроизводительных машин "Фрегат" позволило хозяйству быстрыми темпами расширить орошаемые площади культурных кормовых угодий, сенокосов и пастбищ.

В 1975 г. за счет использования артезианских подземных вод работало 13 широкозахватных дождевальных машин "Фрегат", орошавших около 1000 га посевов многолетних трав. Колхоз с этой площади производил по три укоса трав, а стадо дойных коров (1200 голов) в течение месяца выпасали на этих землях, представляющих собой искусственные луга среди необозримых выжженных солнцем степных просторов.

В колхозе в 1975 г. принят в эксплуатацию массив, орошаемый дождевальными машинами "Волжанка", площадью 500 га, на котором также выращиваются травы. Почти 10 лет находится в эксплуатации орошаемый массив площадью 896 га, на котором артезианские подземные воды, аккумулированные в водоемах, по системе труб через гидранты подаются на оросители, откуда с помощью дождевальных машин ДЛА-100 используются для полива. На этом массиве главным образом производятся семена различных трав, что приносит хозяйству немалый доход.

В результате использования орошаемых сенокосов и пастбищ в колхозе заметно укрепилась и улучшилась кормовая база. За счет орошаемых кормовых угодий хозяйство из года в год увеличивает заготовку сенажа, зеленой массы и витаминно-травяной муки. За последние годы площадь вновь вводимых орошаемых культурных сенокосов и пастбищ изменялась следующим образом:

| | Площадь, га | | Площадь, га |
|---|---|---|---|
| 1972 г. | 138 | 1974 г. | 352 |
| 1973 г. | 193 | 1975 г. | 420 |

В 1976 г. намечено оросить еще 664 га кормовых угодий.

Таким образом, в колхозе площадь орошаемых земель, созданных за счет использования подземных вод, в ближайшие 2–3 года должна составить более 3000 га.

В 1974 г. на орошаемых культурных сенокосах и пастбищах получен урожай зеленой массы за три укоса по 365 ц/га, при себестоимости 1 ц 1,2 руб. Стоимость строительства 1 га культурных пастбищ и сенокосав составляет 900–1200 руб.

Запасы артезианских подземных вод, как показала практика их беспрерывного использования в колхозе на протяжении 10 лет, пополняются и практически не снижаются. В связи с этим намечается расширение орошаемых земель за счет артезианских подземных вод, для чего в настоящее время ведется разработка проектно-сметной документации с таким расчетом, чтобы орошаемые площади колхоза к 1980 г. составили 4000 га.

На орошаемых массивах в колхозе широкозахватные дождевальные машины "Фрегат" и "Волжанка" работают в автоматическом режиме и обеспечивают высокое качество полива. Эти машины работают при двух вариантах водозабора: или непосредственно из скважин, или из искусственных водоемов, аккумулирующих годовой сток подземных самоизливающихся вод. Это первый в стране опыт работы на артезианских подземных водах дождевальных машин "Фрегат", требующих расхода воды 100 л/сек при напоре 6,5 атм.

При создании двух вариантов оросительных систем в колхозе "30 лет Казахстана" был решен ряд новых задач по оценке запасов подземных вод и их практическому использованию и эксплуатации скважин с самоизливом. Все скважины были поставлены на крановый режим, многие разрозненные скважины объединены и закольцованы в единую систему.

В колхозе созданы орошаемые сенокосы и культурные пастбища, разработаны оптимальная для данных природных условий агротехника трав и рациональные режимы их орошения, установлен состав наиболее урожайной травосмеси. Была также усовершенствована технология уборки и хранения кормов, полученных с орошаемых сенокосов и культурных пастбищ, налажено выращивание семян трав в целях расширения посевных площадей в колхозе и снабжения других хозяйств области.

Сложные природно-хозяйственные условия потребовали применения новой дождевальной техники, обеспечивающей равномерное распределение воды по полю, а также круглосуточный автоматизированный полив.

В северной части Казахстана изучены и другие водоносные горизонты, приуроченные к отложениям четвертичного, неогенового и палеогенового возрастов, однако они не имеют практического значения для орошения, так как в одних вода соленая, другие характеризуются ничтожными запасами вод, слабой водоотдачей или же локализованы по площади. Артезианские же подземные воды распространены на обширной территории по всему Прииртышью, включающему части Павлодарской и Семипалатинской областей, где издавна водоснабжение представляло серьезную проблему.

Были установлены, разведаны и изучены два артезианских водоносных горизонта, залегающих на глубинах от 100 до 1100 м и связанных с отложениями мелового возраста. Эти повсеместно распространенные горизонты в районе Семипалатинска залегают на небольшой глубине, в целом погружаясь в северо-западном направлении: в районе Павлодара глубина их залегания составляет 500-700 м, а

далее, в районе Омска они залегают на глубине более 2000 м. Мощность верхнего, так называемого ипатовского горизонта составляет 70–80 м, а нижнего, покурского – 150–350 м.

Общие эксплуатационные расходы подземных вод этих горизонтов, подсчитанные только для павлодарской части, где имеется свыше 3 млн. га пахотнопригодных земель, составляет около 20 $м^3$/сек, т.е. эту воду можно извлекать из пласта не только для питья, но и для крупного водоснабжения и орошения. В правобережной, безводной части бассейна Иртыша в пределах Павлодарской области за счет этих вод можно оросить до 30–40 тыс. га земель при гидромодуле, равном 0,5 или 1,0.

Были детально изучены условия залегания, распространения и закономерности формирования подземных вод меловых отложений, оценены их эксплуатационные запасы, установлены источники пополнения и рассчитана величина ресурсов.

В целом Прииртышье представляет собой южную и юго-восточную части Западно-Сибирского артезианского бассейна. На этой обширной территории имеется выраженная область питания глубоких водоносных горизонтов, расположенных в пределах Семипалатинского Прииртышья и части ленточных боров Кулундинской степи.

Исследованиями установлено, что питание и пополнение запасов подземных вод глубоких водоносных горизонтов происходит в основном в районе Семипалатинского Прииртышья, в пределах так называемых боровых песков и реликтовых сосновых лесов. Отсюда поток подземных вод, сформировавшийся в меловых отложениях на глубине 100–150 м, движется на северо-запад, в сторону Павлодара и Омска, постепенно погружаясь на глубину до 2000 м. Расчеты показывают, что из этого потока только в пределах Павлодарской области, по правобережью Иртыша, можно отбирать до 20 $м^3$/сек воды, так как такое количество поступает в водоносный горизонт естественным путем. Это количество воды, равное по объему одной четверти поверхностного стока канала Иртыш – Караганда, позволяет повсеместно в пределах указанной территории использовать ее для крупного водоснабжения или же для создания орошаемых массивов.

Практическое решение вопроса использования артезианских подземных вод для орошения и было начато в упомянутом колхозе "30 лет Казахстана" Успенского района Павлодарской области. Здесь в оперативном порядке гидрогеологами, проектировщиками, буровиками, гидротехниками, работниками сельского хозяйства были выполнены такие виды работ, как разведка подземных вод с определением их запасов, проектирование бурения эксплуатационных скважин и строительство массивов орошения, бурение эксплуатационных скважин и эффективное их использование для орошения.

Используя опыт колхоза "30 лет Казахстана", многие хозяйства Павлодарской области создают орошаемые культурные сенокосы и пастбища на базе использования артезианских подземных вод с применением широкозахватных дождевальных машин "Фрегат". Площадь орошаемых кормовых угодий с применением дождевальных машин

"Фрегат" на Павлодарской областной опытной станции по защите почв от эрозии и в колхозе "Путь Ильича" Успенского района составляет 250 га.

Выявлены площади, где в течение двух-трех лет возможно создать аналогичные орошаемые сенокосы и пастбища в ряде хозяйств засушливых районов Павлодарской области на площади более 14 тыс. га.

На основании многолетних исследований были установлены закономерности формирования артезианских подземных вод на обширной территории. Было установлено, какое количество воды поступает в названные пласты, как они распространяются, как изменяются во времени и в пространстве, сколько воды можно извлекать из этих пластов и как ее запасы восстанавливаются после эксплуатации.

Гидрогеологические расчеты и опыт эксплуатации водоносных горизонтов показали, что запасы подземных вод достаточны и полностью обеспечивают необходимый отбор с сохранением режима самоизлива.

Был практически решен вопрос эксплуатации всех скважин на крановом режиме и осуществлено соединение (кольцевание) отдельных скважин между собой в целях получения повышенного дебита, обеспечивающего подачу воды на орошаемые поля.

Получение большого дебита из скважины обеспечивалось тем, что использовался естественный напор пласта, как правило, составляющий 2-3 атм, а эксплуатационная скважина имела достаточный диаметр, позволяющий опускать в нее мощный и высокопроизводительный насос[1].

Воды мелового водоносного горизонта Прииртышья по химическому составу являются гидрокарбонатными натриевыми, т.е. содовыми, поэтому при их использовании не исключена опасность содового засоления почв после нескольких лет орошения. Если щелочность почв будет расти, потребуется применение мелиоративных мероприятий. Однако минерализация подземных вод низкая (меньше 1 г/л). Массивы орошения подобраны с учетом рельефа таким образом, чтобы обеспечить естественный дренаж орошаемых площадей.

Хорошо изучены гидрогеологические условия части Семипалатинской области, примыкающей к Кулундинской степи. Здесь подземные воды, связанные с теми же меловыми водоносными горизонтами, что и в Павлодарской области, залегают на значительно меньших глубинах и характеризуются лучшими условиями эксплуатации, поскольку воды обладают значительным естественным напором и большим дебитом.

В этой области возможно орошение артезианскими подземными водами более 20 тыс. га земель с использованием широкозахватных дождевальных машин "Фрегат" и "Волжанка".

---

[1] Диаметр скважины в устьевой части должен быть не менее 16 дюймов (около 40 см).

Кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии Казахского политехнического института им. В.И. Ленина в настоящее время ведется изучение и обобщение имеющегося гидрогеологического материала по подземным водам Кулундинской и южной части Барабинской степи. Только предварительная оценка этого материала и проведенные исследования показывают, что и в пределах этих территорий возможно использование артезианских вод для орошения.

Известно, что в Кулундинской степи имеется свыше 2 млн. га земель, представляющих собой прекрасные пашни, но нуждающихся в орошении. Вода здесь есть, она заключена в двух мощных водоносных горизонтах, повсеместно распространенных в пределах Северного и Северо-Восточного Казахстана, всей Кулундинской и южной части Барабинской степи.

Условия формирования подземных вод этих горизонтов представляются следующим образом. В меловое время северная часть Центрального Казахстана была изрезанным огромным полуостровом, окруженным с севера, запада и юго-запада обширным морским бассейном. Это море за геологический отрезок времени отложило мощный горизонт водопроницаемых песков, который в настоящее время местами обнажается по периферии Северного Казахстана и Алтая, а в сторону Западно-Сибирской низменности погружается на большие глубины и перекрывается отложениями более позднего времени.

Таким образом, отложения мела представляют собой огромную чашу, насыщенную подземными водами. Прилегающий к Казахстану край этой чаши простирается от верховьев Енисея через Новосибирск, Бийск, Барнаул, Семипалатинск, южее Омска, Петропавловска и идет в сторону Уральских гор. Другими словами, начиная от Оби меловые отложения оконтуривают цоколь Алтайских гор и Казахского мелкосопочника. Таким образом, водонасыщенные меловые отложения образуют мощный и широко распространенный горизонт подземных вод, далеко и со значительным погружением простирающийся в сторону Западно-Сибирской низменности.

В пределах Казахской ССР основная область питания меловых водоносных горизонтов - площади боровых песков с произрастающими на них уникальными ленточными сосновыми лесами. Особенно много таких лесов в Семипалатинском Прииртышье и Кулундинской степи. Здесь меловые отложения - пески и песчаники - залегают непосредственно под боровыми песками. В результате атмосферные осадки сразу же попадают в глубокие водоносные горизонты. Нами подсчитано, что на этой площади только в меловой водоносный горизонт ежесекундно поступает около 40-45 $м^3$ пресной воды. Такая же по гидрогеологическим условиям область питания меловых водоносных горизонтов выделяется в Бийско-Барнаульском районе, в районе Новосибирска, в Чулымо-Томском районе. Судя по тому, что местами перекрывающие более молодые отложения представлены преимущественно песчанистыми разностями, можно считать, что и в этих районах условия для питания глубоких водоносных горизонтов мела благоприятные.

Таким образом, в южной или юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна имеются благоприятные участки для формирования вод глубоких водоносных горизонтов. Это - области питания, они занимают площади, гипсометрически возвышенные по отношению ко всем другим участкам распространения водоносных горизонтов.

В сторону Западно-Сибирской низменности водоносный горизонт в пределах Казахстана погружается на глубину, превышающую 1000 м. В этом же направлении мощность горизонта увеличивается от нескольких до сотен метров. Поскольку пополнение подземных вод происходит в окраинной части бассейна за счет атмосферных осадков и проникновения поверхностных вод, их минерализация изменяется от десятых долей грамма на литр в окраинной части бассейна до 20 г/л в центральной части. В этом же неправлении воды приобретают напор, и скважины, пробуренные в северной части Казахстана, как правило, самоизливаются с высотой фонтана до 30-40 м. Пьезометрические уровни вод в районе Семипалатинского Прииртышья составляют 280-320 м и постепенно понижаются в северо-западном и северном направлениях до 100-110 и 90-95 м.

В пределах Кулундинской и южной части Барабинской степи воды мелового горизонта, состоящие из двух мощных пластов, пресные и обладают значительным напором. Эти два водоносных горизонта могут быть практически вскрыты повсеместно. Поэтому надежным источником освоения богатейших земель Кулундинской степи под орошение на сегодня представляются только подземные воды меловых отложений.

Ранее здесь весьма интенсивно и с большим размахом проводились работы по использованию подземных вод на орошение, что подробно изложено в книге П.Я. Кочиной[1], однако они были ориентированы на бесперспективные водоносные горизонты неогеновых и палеогеновых отложений.

Весьма благоприятными гидрогеологическими условиями для использования подземных вод в сельском хозяйстве располагает Талды-Курганская область Казахстана. Здесь возможно дальнейшее успешное развитие животноводства, особенно овцеводства. Область сравнительно богата поверхностными водами, но они в пределах освоенных площадей почти полностью разбираются на орошение. Однако часть стока все еще сбрасывается непроизводительно вследствие незарегулированности рек.

Отмечаются значительные потери вод на фильтрацию в пределах существующих массивов орошения, так как оросители весьма примитивны, нарезаны непосредственно в грунтах, сложены в большинстве случаев песчаным и грубообломочным материалом.

Дальнейшее улучшение использования поверхностных вод путем зарегулирования стока, а также широкое внедрение лоткования поз-

---

[1] П.Я. Кочина. Воспоминания. М., "Недра", 1974.

волят расширить площади массивов орошения для кормопроизводства.

Исследования и работы последних лет свидетельствуют о том, что одним из важных мероприятий по созданию кормовой базы животноводства, особенно в условиях Талды-Курганской области, является широкое использование подземных вод для орошения. Установлено, что в пределах таких районов, как Панфиловский, Аксуйский, Саркандский, Андреевский, с общей площадью 50 тыс. км$^2$ на глубинах от 200 до 500 м в отложениях так называемых конусов выноса Джунгарского Алатау повсеместно залегают подземные воды очень хорошего качества (минерализация не превышает 1 г/л). Часто они самоизливаются, образуя над поверхностью земли фонтан высотой 20-25 м. Дебиты отдельных пробуренных на эти глубины скважин достигают 40-50 л/сек.

Если пробурить специальные эксплуатационные скважины с большим диаметром (16 дюймов), то можно установить в них насосы и, как показывает практика, получать дебиты до 100 л/сек. На таких скважинах можно ставить широкозахватные дождевальные машины "Фрегат", "Волжанка", являющиеся в настоящее время наиболее рациональными и экономически эффективными.

Расход восполняемых запасов подземных вод в указанных административных районах Талды-Курганской области может составить 50 м$^3$/сек, т.е. при гидромодуле, равном единице, этого количества достаточно для орошения 50 тыс. га земель.

Каким же образом происходит восполнение запасов подземных вод конусов выноса? Эти отложения, представленные грубообломочным гравийно-галечным материалом, слагают предгорья Джунгарского Алатау и тянутся вдоль него полосой, ширина которой достигает 50-60 км. Как правило, они пересекаются руслами многочисленных рек, берущих начало высоко в горах. На выходе из гор в глубоко врезанные долины реки теряют до 50-60% поверхностного стока. Эти потери идут на подпитывание запасов подземных вод в отложениях конусов выноса. Таким образом, определение величины этой теряемой реками части стока позволяет оценить величину восполняемых или естественных ресурсов подземных вод, рекомендуемых как эксплуатационные запасы. Эта величина имеет очень большой "запас прочности", поскольку не учтено восполнение за счет атмосферных осадков, за счет трещинных вод, которые связаны с самими массивами скальных пород, слагающих горные хребты, а также восполнение за счет притока из других водоносных горизонтов и т.д.

В пределах Аксуйского, Саркандского, Андреевского, Алакольского и Талды-Курганского районов можно проектировать бурение эксплуатационных скважин, строительство массивов орошения.

В указанных районах области запасы подземных вод определяются в следующих размерах:

По Аксу-Басканскому гидрологическому месторождению (Аксуйский, Саркандский и часть Андреевского района) свыше 14 м$^3$/сек

По Алакольскому району около 13 м$^3$/сек.

По Талды-Курганскому району более 8,0 $м^3$/сек.

По Хоргосскому месторождению (Панфиловский район) около 13,0 $м^3$/сек.

Из каждой пробуренной скважины возможно получение воды до 80-100 л/сек, что обеспечит работу машины "Фрегат". В ближайшие годы в области будет работать на подземных водах несколько десятков дождевальных машин "Фрегат", которые смогут оросить тысячи гектаров сенокосов. В условиях Талды-Курганской области, где вегетационный период составляет 170-180 дней, при обильном солнце, можно производить до четырех укосов при урожайности зеленой массы 550-600 ц/га.

В Талды-Курганской области уже подготовлены для пуска массивы орошения, на которых будут использоваться артезианские воды, в ряде хозяйств Аксуйского, Саркандского и Панфиловского районов. На этих массивах пробурены скважины глубиной от 120-150 до 400 м, с удельными дебитами от 8-10 до 20 л/сек, и смонтированы дождевальные машины "Фрегат". Воды скважин, как правило, самоизливающиеся или высоконапорные.

Предварительные расчеты показывают, что одна дождевальная машина "Фрегат" может обеспечить получение кормов с орошаемой площади 70-75 га, необходимое для 2500 голов овец в течение четырех месяцев, т.е. на весь период откорма.

Большими возможностями создания орошаемых массивов за счет подземных вод располагает Алма-Атинская область. Здесь в пределах Уйгурского района, в так называемой Карадале, где отсутствовали источники воды, установлены большие запасы подземных вод, залегающие на глубине 450-550 м. Карадала представляет собой южную часть Восточно-Илийского межгорного артезианского бассейна и располагается к северу от Заилийского Алатау. Меловые отложения на водораздельной части, имеющие выход на дневную поверхность, по мере продвижения на север погружаются и образуют регионально выдержанные мощные водоносные горизонты, формирование запасов вод которых происходит преимущественно за счет потерь поверхностного стока в предгорьях.

Пробуренные скважины дали самоизливающиеся воды с очень высокими дебитами. Затраты на строительство окупаются в течение двух-трех лет.

К настоящему времени детально изучены особенности накопления подземных вод аллювиальных отложений в долинах рек, относящихся к бассейнам Нуры, Шерубай-Нуры, бессточного озера Караколь, в Северо-Восточном Казахстане. Разведочные работы, детальные режимные и балансовые исследования, а также моделирование процессов позволили установить, что ресурсы подземных вод в таких долинах значительны и формируются в основном за счет поверхностных вод паводкового стока. Геолого-гидрологические и геоморфологические особенности обусловливают естественное магазинирование этих вод, создание мощного подземного потока и медленный сток, позволяющий использовать эти воды в народном хозяйстве.

В 1974 и 1975 гг. в ряде колхозов и совхозов Каракалинского района Карагандинской области были созданы орошаемые массивы, на которых работала широкозахватная дождевальная техника на базе вод аллювиальных отложений. Установление значительной водоносности речных долин, аллювиальные воды которых возможно использовать для орошения, весьма существенно в условиях Центрального Казахстана, где распространены многочисленные реки с эпизодическим, резко сокращающимся в летний период поверхностным стоком.

Весьма благоприятны гидрогеологические условия Джамбулской области. Предварительный анализ имеющегося материала по геологии, тектонике, особенностям формирования подземных вод говорит о том, что водоносные горизонты конусов выноса Киргизского Алатау и хребта Каратау, а также меловых отложений Муюнкумского бассейна имеют мощное питание и могут служить источником крупного водоснабжения и орошения.

Таким образом, опыт освоения, внедрения и высокоэффективного использования артезианских вод для орошения с применением широкозахватных дождевальных машин открывает значительные перспективы увеличения производства кормов в тех районах страны, где имеются артезианские водоносные горизонты.


## ABSTRACT

Data on the utilization of underground waters for irrigation in Kazakhstan are fiven. The experience of reclamation and utilization of the known reserves of artesian waters proved the high efficiency of irrigation with large–claw sprinkling machines. There are large possibilities to increase the forage production for cattle breeding in regions with the known horizons of artesian waters.

*А.В. Хабаров*

# МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ВЫВЕТРИВАНИЕ В ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ И ПЕСКАХ КЫЗЫЛКУМОВ И КАРАКУМОВ

Песчаные аккумуляции в Средней Азии формируются в основном на древнеаллювиальных отложениях и на продуктах разрушения горных пород (Кимберг, 1974; Обручев, 1952; Федорович, 1960). В большинстве случаев они подвергались эоловой переработке, с формированием преимущественно грядово-котловинного рельефа (Островский, 1960). Подвижные барханные пески занимают около 7% площади пустынь (Леонтьев, 1967).

Развитие почв на песках особенно интенсивно проявлялось в плювиальные периоды плейстоцена, чему способствовал теплый и влажный климат. Почвы на песках называли по-разному: рыхлопесчаными светлоземами (Димо, 1925), рыхлопесчаными и песчаными сероземами (Розанов, 1951), пустынными песчаными почвами (Горбунов, Кимберг, 1962; Лавров, 1952; Лобова, 1960, 1965). Выделение их в особый тип было предложено в работе "Почвы Узбекской ССР" (1949) и в "Указаниях по классификации и диагностике почв" (1967). А.В. Виноградов, Э.Д. Мамедов, И.Н. Степанов (1969) разделили пустынные песчаные почвы на современные и древние. К последним они отнесли почвы, сформированные в среднем голоцене. Вряд ли голоценовые почвы можно рассматривать как древние.

Хорошо сформированные мало- и среднемощные песчаные и супесчаные почвы встречаются на уцелевших от скотосбоя участках. Обычно профили этих почв характеризуются присутствием карбонатной пористой корочки на поверхности, обогащением карбонатами и слабым ожелезнением в подгумусовом слое. В них наблюдаются карбонатные образования – аккырши, состоящие из криптокристаллического кальцита и редких включений обломочного кварца (Добровольский, 1961).

Минералогический анализ по горизонтам показывает появление минералов, которые отсутствуют в эоловом песке – почвообразующей породе. Там, где эти полноразвитые почвы разрушены, на эоловых песчаных наносах под изреженной растительностью из Carex physodes в аридных условиях возникают примитивные почвы. Дефляция постоянно нарушает их развитие, обновляя поверхность накоплением нового эолового материала.

Песчаные почвы пустынь Средней Азии следует рассматривать на уровне родов серо-бурого типа (Лобова, 1965), так как, с нашей точки зрения, термин "песчаные пустынные почвы" недостаточно раскрывает направление почвообразования. Отсутствие некоторых признаков,

характерных для серо-бурых почв, объясняется спецификой почвообразующих пород. Бóльшая мощность уцелевших от денудации песчаных почв связана с более глубоким промачиванием их весной по сравнению с суглинистыми почвами типа серо-бурых.

Для представления о строении серо-бурых пустынных супесчаных и песчаных почв приведем их описание.

Разрез 70 заложен на западе-юго-западе Кызылкумов, в 100 км на с-в от пос. Мешекли, на нижней части склона песчаной гряды. Почва серо-бурая пустынная супесчаная на полиминеральных мелко-средне-тонкозернистых песках. Растительный покров состоит в основном из Carex physodes. Местами встречаются Artemisia terrae-albae, Aristida pennata, Poa bulbosa, единично - кусты Haloxylon persikum. Проективное покрытие 30-40%.

На поверхности почвы - слабая карбонатная корочка.

A 0-13 см. Палево-серый с буроватым оттенком, сухой, супесчаный, уплотненный, слоеватый, пористый, с массой корешков. Переход ясный.

B 13-37 см. Буровато-палевый с едва заметной сероватостью, сухой, супесчаный, плотноватый, тонкопористый, мучнистый, с корешками. Переход ясный.

BC 37-170 см. Палево-желтый, свежий, связнопесчаный; книзу постепенно уменьшается примесь пылевато-глинистых частиц. Переход постепенный.

C 170 см и глубже. Желтый, свежий, слабосвязнопесчаный. Прослежен буром до глубины 400 см.

Вскипание от 10%-ного раствора соляной кислоты с поверхности. Грунтовая вода залегает на глубине 8 м.

Разрез 150 вскрывает серо-бурую связнопесчаную почву. Разрез заложен в Кызылкумах, в районе пос. Газли - пос. Мешекли, на вершине песчаной гряды. Почва сформирована на мелко-, средне-, тонкозернистых песках. В растительном покрове преобладает Carex physodes, Artemisia terrae-albae. Кое-где встречаются Haloxylon persikum высотой до 1 м. Проективное покрытие 20-30%.

A 0-7 см. Палево-серый, сухой, связнопесчаный, слегка слоеватый, относительно уплотненный, с массой корешков и ходами насекомых. Переход заметный.

B 7-42 см. Буровато-палевый, сухой, связнопесчаный, уплотненный, с длинными и мелкими корнями. Переход заметный.

BC 42-220 см. Палево-желтый, уплотненный, свежий, связнопесчаный, с корешками осочки до глубины 65 см и редкими корнями полыни до конца горизонта, тонкопористый, содержит аккырши. Переход постепенный.

C 220 см и глубже. Желтый свежий рыхлый песок.

Вскипание от кислоты с поверхности. Грунтовая вода на глубине 11 м.

Разрезы 250 и 260 характеризуют примитивные серо-бурые песчатые почвы на полиминеральных мелко-тонкозернистых песках. Разрезы заложены в 20 км севернее Ербента на эоловых грядовых песках. Растительный покров представлен группировкой Haloxylon persicum + Calligonum setosum – Mausolea eriocarpa – Carex physodes – Ephemerae. Проективное покрытие 20–25%.

Почвы различаются только мощностью генетических горизонтов, поэтому дается общее морфологическое описание этих двух разрезов.

В их профиле верхний слой песка (4–7 см), желтовато-серого цвета, пронизан в основном генеративными и листовыми побегами Carex physodes, вегетирующими в прохладное и влажное время (Гаель, Хабаров, 1973). В этом слое рыхлый песок очень слабо скреплен карбонатной корочкой и постоянно обновляется эоловым материалом.

Ниже, до глубины 14–17 см, идет глубококорешковатый горизонт А буровато-серого цвета с едва заметной слоеватостью.

Горизонт переплетен корнями Carex physodes, рыхлый.

В предкорешковом горизонте ВС (с 14–17 до 60–70 см) имеются лишь вертикальные корни. Здесь песок слабоуплотненный, желтоватый, с палевой белесоватостью от карбонатов. В этом горизонте встречаются замещения по корням растений – твердые аккыри.

С глубины 60–70 см идет светло-желтый эоловый песок, подстилаемый с 350–400 см серо-стальными древнеаллювиальными песками.

Почвы развились на полиминеральных песках, содержащих преобладающее количество тонко-мелкозернистых (85–90%) или мелко-средне-тонкозернистых (80–90%) фракций. Содержание физической глины в них колеблется от 0,5–1,4 до 4,2–6,0%, в зависимости от степени эоловой переработки. В гумусовых горизонтах обнаруживается увеличение пылеватых и илистых частиц за счет разрушения мелкого и среднего песка. По содержанию физической глины в горизонте А (1,5–14,7%) почвы изменяются от слабосвязнопесчаных до супесчаных.

Активная реакция почв щелочная – pH больше 8,0. Емкость поглощения не превышает 4,5 мг-экв на 100 г почвы. Гумуса в почвах 0,16–0,78%; в гумусе содержится 6,0–8,0% азота. Сухой остаток исчисляется преимущественно сотыми долями процента.

Минералогические исследования песчаных фракций крупнее 0,25 мм проведены под бинокуляром, а фракций 0,25–0,10; 0,10–0,05 и 0,05–0,01 мм – с применением иммерсионных жидкостей и поляризационного микроскопа МИН-8. Новообразованные минералы изучались с применением комплекса методов: иммерсионного, рентгенографического, термического и микрохимического. В задачу исследования входило выяснение состава минералов и характера изменения их под влиянием выветривания и почвообразования. Такое комплексное исследование песчаных и супесчаных почв и песков Каракумов и Кызылкумов ранее не проводилось. В литературе имеются лишь не-

которые данные по минералогическому составу эоловых песков, аллювиальных наносов (Гриднев, 1960 а,б; Петров, 1973), илова-то-супесчаной и песчаных почв, что не давало возможности судить о минеральных запасах почв и о степени устойчивости минералов.

Легкие минералы (уд. вес<2,9)

На долю легких минералов приходится 84,4–99,8% частиц крупнее 0,05 мм и 93,0–70,0% частиц 0,05–0,01 мм (табл. 1). Среди них доминирует кварц, второе место занимают полевые шпаты, третье – обломки кремнистых пород и кальцит. Слюды содержатся в горизонте С во всех механических элементах, а в гумусовых горизонтах – в частицах менее 0,10 мм. Халцедон отмечается во всех фракциях горизонта ВС, в верхней части горизонта С и в эоловом слое примитивных серо-бурых почв, а в остальных горизонтах этих и всех других почв появляется только в некоторых фракциях в очень малых количествах или единично. Глауконит, опал, каолинит и хлорит очень редки. Минералы по всем генетическим горизонтам значительно изменены, особенно в гумусовых горизонтах кызылкумских почв.

Ниже приводится описание минералов легкой фракции.

Кварц наблюдается в следующих формах: 1) окатанных и полуокатанных зерен во фракциях больше 0,10 мм; 2) неправильно угловатых обломков; 3) кристаллов призматического облика; 4) зерен с элементами идиоморфных очертаний. Призматические кристаллы отмечаются преимущественно среди частиц 0,05–0,01 мм и отличаются свежестью и чистотой. Их главный источник – кремнезем биогенного происхождения и высвободившийся при гипергенезе неустойчивых силикатов (Горбунов, 1967, 1974; Ковда, 1973; Парфенова, Ярилова, 1962; Сиротин, 1974, Тюрин, 1937). Кристаллизация в щелочной среде идет быстро (Ковда, 1954; Швецов, 1948). Минерал бесцветный, белый, кремовый, реже окрашен в желтый, розовый и красный цвета. Многие зерна матовые, мутноватые. Матовость зерен связана в основном с древним и глубоким выветриванием песков (Лукашев, 1970), а также с эоловым переносом и столкновением зерен. Мутноватость вызвана включениями циркона, непрозрачного черного вещества, лучистого амфибола, апатита, рудных минералов, пузырьков газа и жидкости.

Края минерала ровные или слегка волнистые. Иногда наблюдается облачное, мозаичное угасание вследствие деформации зерен, вымытых из древних коренных пород и подвергавшихся сильному динамометаморфизму. Поверхность многих зерен кварца имеет субмикроскопические кавернозные углубления из-за биогенного потребления элементов включений. Особенно выразительна коррозия в горизонте А. Во всех горизонтах почв Кызылкумов 85–95% зерен сильно ожелезнены. В Каракумах ожелезнена незначительная часть (5–15%), причем довольно слабо. Ожелезнение в виде сплошной пленки или налетов разных цветов (от бледно-желтого до ярко-красного). Вероятно, гидроокислы железа заполняют не только кавернозные углубления,

но и пустоты между кремнекислородными тетраэдрами в сложном каркасе минерала.

Относительное содержание кварца, как самого устойчивого минерала, возрастает от горизонта С к горизонту А и снижается с уменьшением дисперсности частиц.

В горизонтах А и В серо-бурых полноразвитых почв, в эоловом слое и в верхней части горизонта ВС примитивных почв обнаружены овальные и неправильные зерна опала. Они возникли за счет выветривания алюмосиликатов или являются биогенным новообразованием, о чем говорит отсутствие их в почвообразующей породе и наличие зерен с переходными от опала к кварцу показателями преломления. Некоторые из них переходят и в халцедон. Однако в основном зерна его образовались путем разрушения кремнистых пород. Зерна халцедона зеленоватого и серого цветов, хорошо окатанные и среднеокатанные, корродированы.

Обломки кремнистых пород представлены угловато-окатанными и угловатыми микрокварцитами, халцедоном, эффузивами. Они бесцветные, желтоватые и буроватые, хорошо сохранились во всех горизонтах. Обломки сосредоточиваются обычно в крупных фракциях. Данные табл. 1 не могут подтвердить эту закономерность, так как в ней обломки кремнистых пород объединены с кремнеземистыми агрегатами, которых особенно много в примитивных почвах. Цвет кремнеземистых агрегатов темно-зеленый, зеленовато-серый и буроватый. Среди них встречаются бурые и красно-бурые непрозрачные разновидности, возникшие в результате гипергенеза полевых шпатов. Поверхность обломков кремнистых пород гладкая и чистая, реже с пятнами лимонита и субмикроскопическими углублениями, выполненными переотложенным кварцем (Мильнер, 1968).

Полевые шпаты сконцентрированы главным образом в частицах размером 0,25-0,10 и 0,10-0,05 мм. Наибольшее их количество содержится в почвах Каракумов. Содержание полевых шпатов уменьшается вверх по профилю почв. Относительное же накопление этих минералов в отдельных механических фракциях верхних горизонтов произошло вследствие дробления более крупных зерен. Преобладают калиевые полевые шпаты - ортоклаз и микроклин. Плагиоклазы, как менее устойчивые, содержатся в незначительных количествах - от единичных зерен до 4,0%.

Полевые шпаты состоят из неправильных и таблитчатых зерен хорошо окатанных и полуокатанных во фракциях крупнее 0,10 мм и слабоокатанных во фракциях мельче 0,10 мм. Отмечаются и чистые аутигенные неокатанные кристаллы. Края минералов ровные или слегка волнистые, ступенчатые. Плагиоклазы иногда бывают с полисинтетическим двойникованием. Внутри зерен находятся субмикроскопические включения рудных минералов, циркона, кварца, окислов железа, пузырьков газа и жидкости.

В горизонте С полевые шпаты отличаются преимущественно ровными краями, слабой пелитизацией и меньшей степенью ожелезнения. В верхних горизонтах многие из них с мелко изрезанными краями.

Таблица 1

Состав легких минералов

| Горизонт | Глубина, см | Диаметр частиц, мм | Содержание легкой фракции, % | Содержание, % | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | кварц | полевые шпаты |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | | Разрез 70. Серо-бурая | | |
| A | 0-10 | >0,25 | 99,7 | 91,9 | 4,9 |
| | | 0,25-0,10 | 99,3 | 88,2 | 10,7 |
| | | 0,10-0,05 | 96,3 | 73,2 | 12,3 |
| | | 0,05-0,01 | 89,0 | 50,0 | 8,3 |
| B | 20-30 | >0,25 | 99,7 | 92,9 | 3,1 |
| | | 0,25-0,10 | 99,4 | 85,5 | 13,2 |
| | | 0,10-0,05 | 96,2 | 66,1 | 13,0 |
| | | 0,05-0,01 | 90,3 | 49,1 | 9,1 |
| BC | 50-60 | >0,25 | 99,8 | 91,5 | 7,3 |
| | | 0,25-0,10 | 99,3 | 85,7 | 11,4 |
| | | 0,10-0,05 | 97,2 | 70,8 | 11,4 |
| | | 0,05-0,01 | 86,4 | 50,3 | 11,8 |
| BC | 100-110 | > 0,25 | 99,8 | 91,5 | 6,0 |
| | | 0,25-0,10 | 99,4 | 84,9 | 10,9 |
| | | 0,10-0,05 | 96,6 | 68,8 | 9,0 |
| | | 0,05-0,01 | 89,8 | 41,6 | 14,6 |
| C | 390-400 | > 0,25 | 99,8 | 88,1 | 7,5 |
| | | 0,25-0,10 | 99,4 | 80,2 | 18,3 |
| | | 0,10-0,05 | 96,6 | 48,6 | 12,4 |
| | | 0,05-0,01 | 85,6 | 36,5 | 13,1 |
| | | | Разрез 150. Серо-бурая | | |
| A | 0-7 | >0,25 | 99,4 | 91,3 | 6,4 |
| | | 0,25-0,10 | 99,1 | 83,3 | 14,2 |
| | | 0,10-0,05 | 96,1 | 70,2 | 14,5 |
| | | 0,05-0,01 | 88,1 | 46,4 | 10,3 |
| B | 20-30 | >0,25 | 99,4 | 91,7 | 5,0 |
| | | 0,25-0,10 | 99,2 | 82,4 | 15,3 |
| | | 0,10-0,05 | 96,0 | 65,3 | 13,7 |
| | | 0,05-0,01 | 89,4 | 45,9 | 10,0 |

от числа зерен легкой фракции

| обломки кремнистых пород + + кремнеземистые агрегаты | опал | халцедон | кальцит | карбонатно-глинистые агрегаты | каолинит | глауконит | обломки слюд | хлорит |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| пустынная супесчаная почва | | | | | | | | |
| 2,3 | - | - | 0,9 | - | - | - | - | - |
| 0,5 | - | Ед. | 0,6 | - | - | - | - | - |
| 1,4 | - | - | 12,5 | Ед. | Ед. | 0,4 | 0,2 | - |
| 2,6 | Ед. | Ед. | 20,1 | 0,3 | - | - | 18,7 | Ед. |
| 2,2 | - | - | Ед. | - | - | - | 1,8 | - |
| 0,5 | - | - | 0,8 | Ед. | - | - | Ед. | - |
| 3,5 | - | - | 17,0 | " | Ед. | 0,2 | 0,2 | - |
| Ед. | Ед. | Ед. | 22,5 | 1,5 | - | 0,9 | 16,2 | 0,7 |
| 0,9 | - | - | 0,3 | - | - | - | Ед. | - |
| 1,0 | - | - | 0,9 | 1,0 | - | - | " | - |
| 1,7 | - | - | 13,6 | 2,1 | 0,2 | - | 0,2 | - |
| 1,8 | - | Ед. | 16,9 | 3,0 | - | Ед. | 16,2 | Ед. |
| 1,5 | - | - | 0,5 | - | - | - | 0,5 | - |
| 3,0 | - | - | 1,2 | - | - | - | Ед. | - |
| 1,4 | - | - | 18,0 | 0,9 | - | - | 1,9 | - |
| 0,7 | - | - | 20,3 | 1,0 | - | 0,6 | 21,2 | Ед. |
| 3,0 | - | - | 0,9 | - | - | - | 0,5 | - |
| 1,3 | - | - | 0,2 | - | - | - | 21,2 | - |
| 2,8 | - | - | 15,0 | - | - | - | 17,2 | - |
| Ед. | - | - | 22,0 | - | - | - | 28,2 | 0,2 |
| пустынная связнопесчаная почва | | | | | | | | |
| 1,5 | - | - | 0,8 | - | - | - | - | - |
| Ед. | - | - | 2,3 | - | - | - | 0,2 | - |
| 1,5 | - | - | 12,7 | Ед. | 0,1 | 0,3 | 0,7 | - |
| 2,2 | Ед. | Ед. | 21,8 | 0,1 | - | 0,2 | 19,0 | Ед. |
| 1,3 | - | - | 0,6 | - | - | - | 0,4 | - |
| 0,8 | - | - | 1,1 | Ед. | - | - | 0,4 | - |
| 3,1 | - | - | 17,4 | - | 0,1 | 0,2 | 0,2 | - |
| 0,4 | Ед. | Ед. | 22,0 | 1,0 | - | 0,7 | 19,6 | 0,4 |

Таблица 1 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| BC | 50–60 | >0,25 | 99,6 | 91,0 | 7,9 |
| | | 0,25–0,10 | 99,1 | 85,2 | 13,2 |
| | | 0,10–0,05 | 96,9 | 67,7 | 13,8 |
| | | 0,05–0,01 | 85,9 | 46,8 | 11,1 |
| BC | 100–110 | >0,25 | 99,6 | 89,8 | 7,2 |
| | | 0,25–0,10 | 99,2 | 78,1 | 11,7 |
| | | 0,10–0,05 | 96,3 | 66,9 | 10,9 |
| | | 0,05–0,01 | 87,3 | 45,0 | 10,0 |
| C | 240–250 | >0,25 | 99,6 | 86,8 | 9,0 |
| | | 0,25–0,10 | 99,2 | 82,4 | 15,7 |
| | | 0,10–0,05 | 96,3 | 50,5 | 11,1 |
| | | 0,05–0,01 | 85,1 | 38,6 | 12,8 |
| | | Разрез 250. Примитивная серо-бурая, | | | |
| Эол. | 0–4 | > 0,25 | 98,5 | 74,2 | 10,6 |
| | | 0,25–0,10 | 96,4 | 48,3 | 18,5 |
| | | 0,10–0,05 | 94,1 | 32,9 | 16,1 |
| | | 0,05–0,01 | 92,5 | 44,4 | 10,8 |
| A | 4–14 | > 0,25 | 97,7 | 73,1 | 10,0 |
| | | 0,25–0,10 | 96,5 | 49,4 | 29,5 |
| | | 0,10–0,05 | 94,0 | 41,0 | 29,6 |
| | | 0,05–0,01 | 89,9 | 46,1 | 19,0 |
| BC | 30–40 | >0,25 | 98,4 | 55,8 | 25,5 |
| | | 0,25–0,10 | 97,1 | 44,7 | 46,0 |
| | | 0,10–0,05 | 94,2 | 40,0 | 33,7 |
| | | 0,05–0,01 | 92,7 | 42,0 | 20,3 |
| BC | 60–70 | > 0,25 | 98,6 | 40,0 | 33,9 |
| | | 0,25–0,10 | 97,9 | 39,1 | 39,2 |
| | | 0,10–0,05 | 92,6 | 34,3 | 28,8 |
| | | 0,05–0,01 | 92,3 | 34,7 | 22,1 |
| C | 150–160 | > 0,25 | 97,9 | 48,1 | 37,3 |
| | | 0,25–0,10 | 96,6 | 52,3 | 32,4 |
| | | 0,10 –0,05 | 92,5 | 40,2 | 31,2 |
| | | 0,05–0,01 | 92,0 | 42,0 | 19,1 |
| D | 390–400 | >0,25 | 99,0 | 67,0 | 16,2 |
| | | 0,25–0,10 | 97,5 | 65,3 | 17,5 |
| | | 0,10–0,05 | 96,7 | 46,8 | 17,3 |
| | | 0,05–0,01 | 94,6 | 30,7 | 18,0 |
| | | Разрез 260. Примитивная серо-бурая | | | |
| Эол. | 0–7 | >0,25 | 98,7 | 50,0 | 34,0 |
| | | 0,25–0,10 | 93,6 | 54;0 | 25,0 |
| | | 0,10–0,05 | 85,4 | 54,9 | 22,2 |
| | | 0,05–0,01 | 76,0 | 38,0 | 36,0 |



| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,4 | – | – | 0,7 | – | – | – | – | – |
| 0,3 | – | – | 1,3 | – | – | – | Ед. | – |
| 1,2 | – | – | 16,5 | 0,2 | 0,2 | Ед. | 0,3 | 0,1 |
| 1,6 | – | – | 20,2 | Ед. | – | 0,7 | 19,6 | Ед. |
| 0,9 | – | – | 1,4 | – | – | – | 0,7 | – |
| 0,3 | – | – | 9,3 | – | – | – | 0,6 | – |
| 1,5 | – | – | 17,1 | 0,6 | – | 0,5 | 2,5 | – |
| 1,0 | – | Ед. | 21,1 | 0,7 | – | 0,2 | 22,0 | Ед. |
| 2,4 | – | – | 1,1 | – | – | – | 0,7 | – |
| 0,9 | – | – | 0,4 | – | – | – | 0,6 | – |
| 1,7 | – | – | 14,5 | – | – | – | 22,2 | – |
| 0,2 | – | – | 20,6 | – | – | – | 27,7 | 0,1 |
| пустынная слабосвязанопесчаная почва | | | | | | | | |
| 12,8 | – | Ед. | 2,4 | – | – | – | – | – |
| 22,4 | – | 4,1 | 6,7 | – | – | – | – | – |
| 37,3 | – | Ед. | 12,5 | – | – | 0,6 | 0,6 | – |
| 10,6 | 2,3 | " | 21,6 | – | – | 0,1 | 0,2 | – |
| 16,4 | – | " | 0,5 | – | – | – | – | – |
| 19,8 | – | 0,1 | 1,1 | Ед. | – | – | 0,1 | – |
| 22,2 | – | 0,4 | 6,5 | " | 0,1 | 0,1 | 0,1 | – |
| 1,1 | 0,2 | Ед. | 0,3 | 29,4 | – | Ед. | 3,8 | 0,1 |
| 9,5 | 9,0 | " | 0,2 | – | – | – | Ед. | – |
| 2,5 | Ед. | 1,4 | 1,0 | 4,2 | – | – | 0,2 | – |
| 1,0 | " | 2,3 | 2,6 | 19,0 | 0,1 | 0,2 | 1,1 | – |
| 1,0 | 1,2 | 3,8 | 3,1 | 26,2 | Ед. | Ед. | 2,3 | 0,1 |
| 13,4 | Ед. | 2,5 | 10,2 | – | – | – | Ед. | – |
| 9,3 | " | 0,7 | 10,7 | – | – | – | 1,0 | – |
| 15,2 | " | 3,4 | 14,2 | 3,1 | Ед. | Ед. | 1,0 | – |
| 7,5 | 0,1 | 1,3 | 26,6 | 4,0 | – | 1,0 | 2,8 | Ед. |
| 14,0 | – | Ед. | 0,1 | – | – | – | 0,5 | – |
| 12,5 | – | 2,4 | 0,3 | – | – | – | 0,1 | – |
| 15,5 | – | 0,9 | 11,8 | – | Ед. | – | 0,2 | Ед. |
| 7,3 | – | 3,4 | 24,7 | – | – | 0,7 | 2,8 | " |
| 12,4 | – | Ед. | Ед. | – | – | – | 4,4 | – |
| 10,6 | – | 2,0 | 0,2 | – | – | – | 4,4 | – |
| 13,4 | – | – | 18,3 | – | – | – | 4,2 | – |
| 19,6 | – | – | 23,5 | – | – | – | 8,2 | – |
| пустынная связнопесчаная почва | | | | | | | | |
| 6,0 | – | Ед. | 10,0 | – | – | – | Ед. | – |
| 5,1 | – | " | 15,9 | – | – | – | " | – |
| 2,0 | – | " | 20,9 | – | – | – | " | – |
| 1,0 | 1,0 | " | 24,0 | – | – | – | " | – |

Таблица 1 (окончание)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 7–17 | >0,25 | 99,6 | 60,0 | 23,0 |
| | | 0,25–0,10 | 94,4 | 42,2 | 33,8 |
| | | 0,10–0,05 | 84,4 | 47,6 | 22,5 |
| | | 0,05–0,01 | 70,0 | 36,0 | 34,0 |
| BC | 27–37 | > 0,25 | 97,6 | 53,6 | 25,0 |
| | | 0,25–0,10 | 93,6 | 50,2 | 26,5 |
| | | 0,10–0,05 | 86,4 | 35,3 | 21,0 |
| | | 0,05–0,01 | 70,0 | 22,7 | 26,0 |
| C | 90–100 | > 0,25 | 99,1 | 53,0 | 30,0 |
| | | 0,25–0,10 | 96,2 | 47,5 | 36,2 |
| | | 0,10–0,05 | 93,0 | 44,4 | 31,3 |
| | | 0,05–0,01 | 86,7 | 21,0 | 37,0 |
| D | 400–420 | > 0,25 | 98,2 | 82,0 | 12,0 |
| | | 0,25–0,10 | 94,1 | 53,2 | 29,4 |
| | | 0,10–0,05 | 88,1 | 40,5 | 33,0 |
| | | 0,05–0,01 | 88,0 | 18,0 | 50,0 |

Больше 50% зерен калиевых полевых шпатов величиной > 0,25 и 0,25–0,10 мм, 10–20% зерен размером 0,10–0,05 и 0,05–0,01 мм пелитизированы или ожелезнены. На некоторых зернах в Каракумах развивается эпидот. Полностью эпидотизированные полевые шпаты отмечены лишь в горизонте BC. Плагиоклазы подвергаются серицитизации и соссюритизации – замещаются сложной смесью кальцита, цоизита, альбита, эпидота, серицита, а иногда и кварца (Даминова, 1974).

Глауконит присутствует в очень малых количествах и только во фракциях 0,10–0,01 мм. Он образует почковидные и овальные зерна ярко-зеленого и буроватого цветов. Кроме обломочного имеется и глауконит вторичного происхождения. Об этом говорит наличие свежих чистых блестящих почковидных зерен, образовавшихся вследствие разложения и замещения биотита. Некоторые зерна глауконита частично заместились лимонитом и за счет увеличения удельного веса свыше 2,9 переместились в тяжелую фракцию. Наибольшее количество лимонитизированного глауконита содержится в почвах Кызылкумов.

Обломки слюд в легкой фракции состоят из бесцветного мусковита и зеленовато-буроватого биотита, имеющих форму чешуек с неровными краями. В них присутствуют включения графита, апатита и циркона. Обломки слюд изменены, разложены, особенно сильно в гумусовых горизонтах и эоловом слое для частиц величиной крупнее 0,10 мм. Биотит переходит в хлорит, а на мусковите отмечаются чешуйки каолинита. Доказательством неустойчивости слюд является



| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6,0 | – | – | 10,0 | – | – | – | 1,0 | – |
| 5,0 | – | – | 17,0 | – | – | – | 2,0 | – |
| 4,7 | – | – | 24,0 | Ед. | – | Ед. | 1,2 | – |
| 3,0 | Ед. | Ед. | 25,0 | 1,0 | Ед. | " | 1,0 | Ед. |
| 7,0 | – | " | 13,0 | – | – | – | 1,4 | – |
| 5,9 | Ед. | " | 13,5 | 2,0 | – | – | 1,9 | – |
| 5,0 | " | " | 10,0 | 25,7 | Ед. | – | 3,0 | – |
| 1,0 | " | " | 15,0 | 32,0 | " | Ед. | 3,3 | Ед. |
| 4,0 | – | " | 11,0 | – | – | – | 2,0 | – |
| 2,0 | – | " | 12,2 | – | – | – | 2,1 | – |
| Ед. | – | " | 22,3 | – | Ед. | – | 2,0 | – |
| " | – | " | 34,0 | 4,0 | – | Ед. | 4,0 | Ед. |
| 3,0 | – | – | 3,0 | – | – | – | Ед. | – |
| 2,1 | – | Ед. | 12,2 | – | – | – | 3,1 | – |
| 1,1 | – | – | 23,1 | – | – | – | 2,3 | – |
| Ед. | – | – | 30,0 | – | – | – | 2,0 | – |

также увеличение их содержания в наиболее мелких механических элементах и уменьшение в верхней части профиля.

Кальцит – типичный минерал песчаных пустынных почв Средней Азии. Он сосредоточивается в значительных количествах во фракциях менее 0,10 мм. По профилю кызылкумских почв кальцит распределяется более или менее равномерно. В почвах Каракумов наибольшее количество кальцита отмечается в верхнем слое и в средней части горизонта BC. Цвет минерала молочно-белый или кремовый.

По происхождению кальцит является остаточным (обломочным), хемогенным и биогенным. Преобладает хемогенный кальцит, возникший путем выпадения из растворов, а также замещения эпидота и плагиоклазов. Зерна его бывают овальные, почковидные, таблитчатые и призматические. Характерно присутствие конкреций и карбонатных агрегатов. Биогенный кальцит образуется в результате интенсивной минерализации растительных остатков и замещения фораминифер и обломков других раковин. Зерна биогенного кальцита в основном отличаются пластинчатой формой определенной ориентировки. Обломочный кальцит, как правило, встречается в виде округленных зерен. Кальцит, как устойчивый минерал в щелочной среде, совершенно не затронут изменениями.

Каолинит присутствует спорадически лишь во фракциях 0,10–0,05 мм в очень малых количествах (не более 0,2%). Он образует тонкозернистые агрегаты белого и желтовато-бурого цветов. Буроватая окраска связана с адсорбцией агрегатами гидроокислов железа.

Хлорит в легкой фракции встречается только в механических фракциях 0,05–0,01 мм. Он представлен во всех горизонтах светло-зелеными чешуйками с аномальными коричнево-синими тонами интерференции. Возник хлорит вследствие постмагматических изменений первичных пород, из которых образовались исследованные пески, а также в результате современного гипергенеза биотита и амфиболов.

Тяжелые минералы (уд. вес. > 2,9)

Содержание тяжелых минералов по фракциям (табл. 2) свидетельствует о довольно интенсивном физическом выветривании в пустынных условиях, в результате которого происходит разрушение, дробление более крупных зерен и обломков и переход их в мелкие фракции. Наибольшее накопление тяжелых минералов отмечается в каракумских почвах. В Кызылкумах ведущая роль принадлежит эпидоту, а в Каракумах – эпидоту и амфиболам. В заметных количествах содержатся гидроокислы железа, ильменита, гранаты, дистен, лейкоксен, пироксены, реже турмалин, апатит, рутил. Изменения тяжелых минералов прослеживаются особенно отчетливо в верхних горизонтах почв.

Ниже дается характеристика тяжелых минералов.

Амфиболы – существенная минеральная часть почв, они составляют в общей сложности от веса тяжелой фракции больше 20% в Каракумах и около 10% в Кызылкумах. Они образуют три моноклинные разновидности: 1) натрий-кальциевая с магнием, железом и алюминием (зеленая и бурая роговая обманка); 2) кальциевая с магнием и железом (бесцветный тремолит и бледно-зеленый актинолит); 3) щелочная с магнием, железом и алюминием (сине-фиолетовый рибекит). Доминируют обыкновенные роговые обманки.

По форме зерна минералов довольно разнообразны: таблички, удлиненные призмы, реже неправильные и волокнистые образования. Поверхность их трещиноватая. Во фракциях > 0,25 мм зерна хорошо окатанные и полуокатанные, а во фракциях 0,10–0,05 и 0,05–0,01 мм – полу- и слабоокатанные. В единичных зернах наблюдаются включения пузырьков газа и жидкости, рудных минералов, апатита.

В верхних горизонтах часто заметно увеличение содержания амфиболов в результате выветривания и приноса с окружающих барханных участков. Наиболее выразительны изменения амфиболов в горизонтах А и В полноразвитых почв, где до 30–40% зерен эпидотизированы, хлоритизированы или покрыты пленками гидроокислов железа. В примитивных почвах Каракумов кроме ожелезнения и хлоритизации амфиболов отмечается замещение их контронитом с поверхности и до глубины 50–70 см.

Апатит встречается в небольших количествах во всех фракциях почв в Каракумах, а в Кызылкумах – лишь во фракциях менее 0,10 мм. Он представлен бесцветными овальными зернами и короткими призмами с округленными углами. Эти формы – следствие растворения зерен в щелочной среде (Батурин, 1947). Об этом говорит и присутствие до 5–10% зерен с признаками растворения во фракциях крупнее 0,05 мм. О неустойчивости апатита свидетельствует и умень-

шение его количества в верхней части профиля. На глубине 0–10 см апатит иногда частично ожелезнен.

Барит встречается в виде неправильных зерен и агрегатов белого или желтовато-бурого цвета. Он присутствует только в горизонте ВС, где является новообразованным минералом.

Гранаты содержатся в виде розовых и бесцветных кристаллов и неправильных зерен с включениями вулканического стекла, кварца, рутила, циркона, пелитоморфных веществ, пузырьков газа и жидкости. В Кызылкумах зерна гранатов сильно раздробленные, с трещиноватой поверхностью, что является результатом динамических изменений древних пород, из которых образовались пески. Около 15% зерен покрыты налетом железисто-глинистого вещества. Увеличение количества гранатов в гумусовых горизонтах происходит в связи с высвобождением их из включений при выветривании полевых шпатов и других силикатов.

Группа рутила представлена рутилом, анатазом и брукитом. Рутил преобладает, а брукит присутствует очень редко. Рутил содержится в виде полуокатанных призматических и неправильных зерен вишнево-красного, красновато-бурого и желтого цветов. Во фракциях менее 0,10 мм имеются двойниковые пластинки. Поверхность минерала исштрихованная, ямчатая и редко лейкоксенизированная. Анатаз имеет форму хорошо окатанных призматических зерен желтой окраски. Эти зерна в различной степени замещены лейкоксеном. Брукит отмечается в отдельных мелких фракциях почв Каракумов в виде желтоватых удлиненных зерен с изрезанными краями. Отсутствие брукита в Кызылкумах и значительное уменьшение его количества в горизонтах А и В каракумских почв объясняются разрушением зерен минерала, неустойчивого при выветривании и почвообразовании. Общее содержание минералов группы в основном уменьшается вверх по профилю. Отклонения от этой закономерности связаны с возможными взаимными переходами титансодержащих минералов.

Группа дистена включает в себя голубоватые таблички дистена, бесцветные призматические и неправильные зерна силлиманита и андалузита. Изредка наблюдаются слабоокатанные кристаллы и обломки кристаллов. В зернах иногда содержатся включения кварца, рудных минералов, пузырьков газа и жидкости. Дистен и силлиманит устойчивее андалузита. Края зерен минералов преимущественно ровные. Изрезанность и трещиноватость заметны лишь у отдельных зерен в верхних горизонтах почв. Андалузит же в почвах, как правило, измененный: около 20% зерен его имеют изрезанные края, 30% – шероховатую поверхность и пятна гидроокислов железа, а 10% покрыты глинистым веществом, углистым налетом или серицитизированы. Наибольшие изменения характерны для горизонта В. Количество минералов группы возрастает главным образом в гумусовых горизонтах в связи с максимальным содержанием в них наиболее устойчивого минерала – дистена.

Группа монацита содержит безводные фосфаты редких земель-монацит и ксенотим. Последний обнаруживается только в частицах

Таблица 2 Состав тяжелых минералов, % от числа зерен тяжелой фракции (среднее из четырех повторностей)

| Горизонт | Глубина, см | Диаметр частиц, мм | Содержание тяжелой фракции, % | Прозрачные минералы | | | Прозрачные минералы | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | амфиболы | апатит | глауконит | гранаты | группа дистена | группа рутила | группа монацита | карбонаты | корунд | пикотит | пироксены | слюды |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Разрез 70. Серо-бурая пустынная супесчаная почва | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0-10 | >0,25 | 0,3 | 0,6 | - | - | 1,6 | 0,6 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 0,25-0,10 | 0,7 | 8,8 | - | - | 6,8 | 4,3 | 0,6 | - | - | - | - | 0,6 | - |
| | | 0,10-0,05 | 3,7 | 26,7 | - | 0,3 | 3,8 | 4,2 | 0,7 | - | 0,3 | 0,2 | - | 6,1 | 0,9 |
| | | 0,05-0,01 | 11,0 | 16,1 | 1,1 | 0,2 | 3,8 | 0,3 | 1,2 | 0,2 | 2,1 | - | - | 1,4 | 2,1 |
| B | 20-30 | >0,25 | 0,3 | 1,5 | - | - | 2,9 | - | - | - | - | - | - | - | 0,2 |
| | | 0,25-0,10 | 0,6 | 4,5 | - | - | 0,9 | 1,7 | 0,2 | - | 0,2 | - | - | - | 3,2 |
| | | 0,10-0,05 | 3,8 | 27,9 | - | - | 2,2 | 2,1 | Ед. | - | 1,4 | - | - | 8,0 | 2,1 |
| | | 0,05-0,01 | 9,7 | 15,1 | - | 0,4 | 2,5 | 0,2 | 1,3 | 0,2 | 11,2 | 0,2 | 0,2 | 4,1 | 3,2 |
| BC | 50-60 | >0,25 | 0,2 | 4,3 | - | - | 2,0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 0,25-0,10 | 0,7 | 7,4 | - | - | 3,9 | 4,7 | Ед. | 0,3 | 0,3 | - | - | 1,0 | 1,8 |
| | | 0,10-0,05 | 2,8 | 16,5 | 0,3 | - | 6,4 | 2,2 | 0,9 | - | 0,9 | - | - | 4,7 | 1,7 |
| | | 0,05-0,01 | 13,6 | 15,0 | 0,6 | 0,2 | 5,4 | 0,6 | 1,6 | - | - | Ед. | Ед. | 1,1 | 2,2 |
| BC | 100-110 | >0,25 | 0,2 | 1,7 | - | - | 2,0 | 0,5 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 0,25-0,10 | 0,6 | 8,4 | - | 0,5 | 4,3 | 4,5 | 0,5 | - | - | - | - | 0,5 | 1,2 |
| | | 0,10-0,05 | 3,4 | 20,7 | - | 0,4 | 5,0 | 4,8 | 0,7 | 0,2 | 0,7 | - | - | 3,6 | 3,5 |
| | | 0,05-0,01 | 10,2 | 13,3 | 0,8 | 0,2 | 4,0 | 0,6 | 2,5 | - | 0,2 | Ед. | 0,5 | 3,0 | 2,5 |
| C | 390-400 | >0,25 | 0,2 | 2,9 | - | - | 1,6 | 0,2 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 0,25-0,10 | 0,6 | 4,5 | - | - | 2,3 | 2,4 | 0,2 | 0,2 | - | - | - | 0,2 | 0,6 |
| | | 0,10-0,05 | 3,4 | 22,0 | 0,7 | - | 3,7 | 3,7 | 0,7 | Ед. | - | - | - | 3,9 | 6,7 |
| | | 0,05-0,01 | 14,4 | 15,3 | 1,3 | - | 3,5 | 0,3 | 1,4 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | - | 2,2 | 4,8 |
| Разрез 150. Серо-бурая пустынная связнопесчаная почва | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0-7 | >0,25 | 0,6 | 0,8 | - | - | 1,4 | 0,5 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 0,25-0,10 | 0,9 | 9,8 | - | - | 3,2 | 3,1 | 0,3 | - | - | - | - | 2,2 | 3,1 |
| | | 0,10-0,05 | 3,9 | 26,0 | - | 0,4 | 3,8 | 3,6 | 0,5 | - | 0,4 | 0,3 | - | 6,4 | 3,4 |
| | | 0,05-0,01 | 11,9 | 17,0 | 0,8 | 0,2 | 3,5 | 0,6 | 1,0 | 0,1 | 1,4 | - | - | 1,9 | 2,0 |
| B | 20-30 | >0,25 | 0,6 | 1,3 | - | - | 2,9 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 0,25-0,10 | 0,8 | 10,5 | - | - | 5,7 | 2,6 | 0,1 | - | - | - | - | 0,2 | 8,0 |
| | | 0,10-0,05 | 4,0 | 25,1 | - | 0,1 | 3,7 | 3,0 | 0,2 | - | 1,3 | 0,3 | 0,1 | 6,8 | 5,1 |
| | | 0,05-0,01 | 10,6 | 15,4 | 0,2 | 0,5 | 3,1 | 0,5 | 1,0 | 0,1 | 3,8 | - | - | 3,5 | 7,0 |
| BC | 50-60 | >0,25 | 0,4 | 2,1 | - | - | 2,0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 0,25-0,10 | 0,9 | 10,4 | - | - | 2,2 | 2,5 | 0,3 | - | 1,3 | - | - | 1,6 | 7,2 |
| | | 0,10-0,05 | 3,1 | 18,6 | 0,2 | 0,1 | 5,9 | 3,0 | 0,8 | Ед. | 0,7 | - | - | 4,4 | 6,0 |
| | | 0,05-0,01 | 14,1 | 15,3 | 0,6 | 0,2 | 3,7 | 0,9 | 1,4 | 0,1 | 0,7 | 0,1 | 0,1 | 1,8 | 6,0 |
| BC | 100-110 | >0,25 | 0,4 | 1,8 | - | - | 2,2 | 0,9 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 0,25-0,10 | 0,8 | 8,6 | - | 0,2 | 4,3 | 2,0 | 0,2 | - | - | - | - | 0,4 | 6,0 |
| | | 0,10-0,05 | 3,7 | 20,2 | - | 0,2 | 5,3 | 4,0 | 0,6 | - | 0,2 | - | - | 3,8 | 6,7 |
| | | 0,05-0,01 | 12,7 | 14,7 | 0,7 | 0,1 | 3,9 | 0,9 | 2,1 | 0,2 | 0,4 | 0,1 | 0,4 | 3,0 | 5,5 |
| C | 240-250 | >0,25 | 0,4 | 2,5 | - | - | 1,9 | 0,4 | - | - | - | - | - | - | 1,9 |
| | | 0,25-0,10 | 0,8 | 10,6 | - | - | 2,8 | 3,7 | 0,2 | - | - | - | - | 0,5 | 4,3 |
| | | 0,10-0,05 | 3,7 | 24,1 | 0,6 | - | 3,7 | 3,9 | 0,6 | Ед. | Ед. | - | - | 4,2 | 4,7 |
| | | 0,05-0,01 | 14,9 | 17,7 | 1,0 | - | 3,2 | 0,6 | 1,4 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | - | 2,5 | 7,0 |

Таблица 2 (продолжение)

| Горизонт | Глубина, см | Диаметр частиц, мм | Содержание тяжелой фракции, % | Прозрачные минералы | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ставролит | сфен | турмалин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 17 | 18 | 19 |
| Разрез 70. Серо-бурая пустынная супесчаная почва | | | | | | |
| A | 0-10 | >0,25 | 0,3 | 4,0 | - | 1,6 |
| | | 0,25-0,10 | 0,7 | 2,4 | 0,6 | 3,4 |
| | | 0,10-0,05 | 3,7 | 0,3 | 1,0 | 1,6 |
| | | 0,05-0,01 | 11,0 | 0,2 | 2,4 | 1,2 |
| B | 20-30 | >0,25 | 0,3 | 1,2 | - | 2,4 |
| | | 0,25-0,10 | 0,6 | 1,4 | 0,2 | 2,0 |
| | | 0,10-0,05 | 3,8 | Ед. | 2,2 | 0,7 |
| | | 0,05-0,01 | 9,7 | 0,2 | 2,3 | 1,5 |
| BC | 50-60 | >0,25 | 0,2 | 2,0 | 0,3 | 2,0 |
| | | 0,25-0,10 | 0,7 | 3,3 | Ед. | 2,5 |
| | | 0,10-0,05 | 2,8 | Ед. | 2,8 | 0,3 |
| | | 0,05-0,01 | 13,6 | 0,4 | 2,6 | 1,0 |
| BC | 100-110 | >0,25 | 0,2 | 3,2 | - | 2,0 |
| | | 0,25-0,10 | 0,6 | 4,3 | 0,5 | 7,0 |
| | | 0,10-0,05 | 3,4 | Ед. | 3,4 | 1,1 |
| | | 0,05-0,01 | 10,2 | 0,3 | 2,4 | 2,6 |
| C | 390-400 | >0,25 | 0,2 | 1,2 | - | 2,3 |
| | | 0,25-0,10 | 0,2 | 0,4 | 0,7 | 2,6 |
| | | 0,10-0,05 | 3,4 | 0,2 | 2,6 | 1,4 |
| | | 0,05-0,01 | 14,4 | Ед. | 3,3 | 1,1 |
| Разрез 150. Серо-бурая пустынная связнопесчаная почва | | | | | | |
| A | 0-7 | >0,25 | 0,6 | 3,7 | - | 1,6 |
| | | 0,25-0,10 | 0,9 | 1,4 | 0,6 | 2,0 |
| | | 0,10-0,05 | 3,9 | 0,6 | 1,4 | 2,1 |
| | | 0,05-0,01 | 11,9 | 0,3 | 2,4 | 1,5 |
| B | 20-30 | >0,25 | 0,6 | 1,8 | - | 2,6 |
| | | 0,25-0,10 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 2,3 |
| | | 0,10-0,05 | 4,0 | 0,6 | 2;0 | 1,2 |
| | | 0,05-0,01 | 10,6 | 0,3 | 2,6 | 1,5 |
| BC | 50-60 | >0,25 | 0,4 | 2,1 | - | 2,5 |
| | | 0,25-0,10 | 0,9 | 2,7 | 0,3 | 1,9 |
| | | 0,10-0,05 | 3,1 | 0,6 | 2,8 | 1,3 |
| | | 0,05-0,01 | 14,1 | 0,4 | 2,4 | 2,0 |
| BC | 100-110 | >0,25 | 0,4 | 1,7 | - | 2,2 |
| | | 0,25-0,10 | 0,8 | 1,6 | 0,4 | 2,6 |
| | | 0,10-0,05 | 3,7 | 0,6 | 3,0 | 2,0 |
| | | 0,05-0,01 | 12,7 | 0,5 | 3,5 | 1,3 |
| C | 240-250 | >0,25 | 0,4 | 2,0 | - | 2,5 |
| | | 0,25-0,10 | 0,8 | 1,5 | 0,5 | 3,0 |
| | | 0,10-0,05 | 3,7 | 0,4 | 3,2 | 1,9 |
| | | 0,05-0,01 | 14,9 | 0,2 | 3,7 | 1,3 |



| Прозрачные минералы | | | Непрозрачные минералы | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| фосфориты | циркон | эпидотовая группа | гидроокислы Fe | ильменит | магнетит | лейкоксен | пиролюзит | хромит |
| 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| Разрез 70. Серо-бурая пустынная супесчаная почва | | | | | | | | |
| - | - | 18,8 | 64,0 | 8,5 | - | - | 0,3 | - |
| 0,6 | 0,6 | 43,3 | 8,3 | 13,2 | 0,3 | 6,2 | - | - |
| - | 1,6 | 28,4 | 5,0 | 11,1 | 3,4 | 4,4 | - | - |
| - | 5,5 | 16,7 | 1,6 | 35,3 | 6,0 | 2,6 | - | 0,1 |
| - | - | 20,3 | 64,2 | 6,6 | - | 0,5 | 0,2 | - |
| 0,2 | 0,7 | 58,9 | 18,3 | 4,0 | 1,0 | 2,8 | - | - |
| 0,7 | 0,7 | 28,6 | 6,5 | 11,6 | 2,4 | 2,9 | - | - |
| - | 5,5 | 16,7 | 2,7 | 26,9 | 3,6 | 2,0 | - | - |
| - | - | 26,3 | 58,2 | 4,6 | - | - | 0,3 | - |
| - | 1,2 | 44,0 | 18,0 | 7,7 | 0,6 | 3,3 | - | - |
| 0,6 | 4,8 | 22,3 | 6,8 | 22,9 | 2,5 | 3,4 | - | - |
| - | 5,2 | 14,7 | 2,0 | 43,0 | 3,0 | 1,4 | - | - |
| - | - | 19,2 | 64,6 | 6,3 | - | - | 0,5 | - |
| 1,0 | 0,5 | 43,7 | 11,3 | 10,3 | 1,0 | 0,5 | - | - |
| - | 0,7 | 30,4 | 9,9 | 11,6 | 2,2 | 2,2 | - | - |
| - | 4,9 | 24,6 | 2,4 | 30,2 | 3,3 | 1,7 | - | - |
| - | - | 31,1 | 57,1 | 1,8 | - | - | 1,8 | - |
| - | - | 64,5 | 10,9 | 6,0 | 0,5 | 4,0 | - | - |
| 0,5 | 2,3 | 29,0 | 8,9 | 8,0 | 3,5 | 2,2 | - | - |
| - | 5,6 | 21,6 | 5,4 | 27,1 | 4,3 | 2,1 | - | - |
| Разрез 150. Серо-бурая пустынная связнопесчаная почва | | | | | | | | |
| - | - | 22,0 | 61,6 | 8,0 | - | Ед. | 0,4 | - |
| - | 0,3 | 50,7 | 8,1 | 3,2 | 0,6 | 1,4 | - | - |
| 0,4 | 2,0 | 26,9 | 6,0 | 8,9 | 3,5 | 3,4 | - | - |
| - | 5,7 | 17,2 | 4,8 | 32,0 | 5,1 | 2,3 | - | 0,2 |
| - | - | 24,1 | 61,3 | 5,5 | - | 0,3 | 0,2 | - |
| - | 0,4 | 43,4 | 18,1 | 3,8 | 0,4 | 1,9 | - | - |
| 0,6 | 1,2 | 25,1 | 8,5 | 9,2 | 3,0 | 2,9 | - | - |
| - | 5,7 | 17,2 | 5,8 | 25,4 | 4,4 | 2,0 | - | - |
| - | - | 26,4 | 60,5 | 4,1 | - | Ед. | 0,3 | - |
| - | 0,3 | 52,2 | 9,1 | 4,4 | 0,9 | 2,7 | - | - |
| 0,6 | 4,3 | 20,8 | 8,9 | 14,9 | 3,0 | 3,1 | - | - |
| - | 5,4 | 14,8 | 5,2 | 33,3 | 4,0 | 1,6 | - | - |
| - | - | 24,9 | 60,0 | 5,8 | - | Ед. | 0,5 | - |
| - | 0,2 | 53,8 | 11,7 | 6,3 | 1,0 | 2,3 | - | - |
| 0,5 | 1,4 | 26,6 | 11,0 | 10,2 | 2,7 | 2,0 | - | - |
| - | 5,3 | 19,5 | 5,4 | 26,7 | 4,2 | 1,6 | - | - |
| - | - | 28,3 | 56,5 | 3,0 | - | - | 1,0 | - |
| - | Ед. | 50,1 | 17,7 | 3,0 | 0,2 | 1,7 | - | - |
| 0,3 | 2,6 | 28,1 | 8,1 | 8,0 | 3,6 | 2,0 | - | - |
| - | 6,0 | 18,9 | 4,0 | 25,6 | 4,4 | 1,8 | - | - |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Разрез 250. Примитивная серо-бурая пустынная слабосвязнопесчаная почва | | | | | | |
| Эол. | 0-4 | >0,25 | 1,5 | 26,8 | Ед. | - |
| | | 0,25-0,10 | 3,6 | 37,0 | 0,3 | - |
| | | 0,10-0,05 | 5,9 | 17,5 | 1,4 | Ед. |
| | | 0,05-0,01 | 7,5 | 20,8 | 1,6 | " |
| A | 4-14 | >0,25 | 2,3 | 32,3 | Ед. | - |
| | | 0,25-0,10 | 3,5 | 37,9 | 0,2 | - |
| | | 0,10-0,05 | 6,0 | 21,2 | 0,7 | - |
| | | 0,05-0,01 | 10,1 | 27,8 | 3,0 | Ед. |
| BC | 30-40 | >0,25 | 1,6 | 24,3 | Ед. | - |
| | | 0,25-0,10 | 2,9 | 29,7 | 0,4 | - |
| | | 0,10-0,05 | 5,8 | 20,7 | 0,6 | - |
| | | 0,05-0,01 | 7,3 | 23,5 | 5,4 | Ед. |
| BC | 60-70 | >0,25 | 1,4 | 25,5 | Ед. | - |
| | | 0,25-0,10 | 2,1 | 30,8 | 0,4 | - |
| | | 0,10-0,05 | 7,4 | 18,2 | 1,7 | Ед. |
| | | 0,05-0,01 | 7,7 | 32,8 | 1,3 | " |
| C | 150-160 | >0,25 | 2,1 | 36,5 | Ед. | - |
| | | 0,25-0,10 | 3,4 | 29,0 | 1,1 | - |
| | | 0,10-0,05 | 7,5 | 19,3 | 1,9 | - |
| | | 0,05-0,01 | 8,0 | 26,9 | 3,6 | - |
| D | 390-400 | >0,25 | 1,0 | 37,0 | 1,0 | - |
| | | 0,25-0,10 | 2,5 | 29,1 | 1,1 | - |
| | | 0,10-0,05 | 3,3 | 17,9 | 2,0 | - |
| | | 0,05-0,01 | 5,1 | 30,5 | 2,1 | - |
| Разрез 260. Примитивная серо-бурая пустынная связнопесчаная почва | | | | | | |
| Эол. | 0-7 | >0,25 | 1,3 | 15,0 | Ед. | - |
| | | 0,25-0,10 | 6,4 | 19,6 | 1,0 | - |
| | | 0,10-0,05 | 14,6 | 26,6 | 0,3 | - |
| | | 0,05-0,01 | 24,0 | 10,7 | 0,6 | - |
| A | 7-17 | >0,25 | 0,4 | 20,0 | Ед. | - |
| | | 0,25-0,10 | 5,6 | 26,9 | 0,4 | - |
| | | 0,10-0,05 | 15,6 | 22,0 | 0,6 | Ед. |
| | | 0,05-0,01 | 30,0 | 10,4 | Ед. | - |
| BC | 27-37 | >0,25 | 2,4 | 21,0 | " | - |
| | | 0,25-0,10 | 6,4 | 25,0 | 0,3 | Ед. |
| | | 0,10-0,05 | 13,6 | 24,8 | 1,3 | " |
| | | 0,05-0,01 | 30,0 | 17,7 | 0,5 | - |
| C | 90-100 | >0,25 | 0,9 | 32,0 | Ед. | - |
| | | 0,25-0,10 | 3,8 | 26,1 | 0,7 | - |
| | | 0,10-0,05 | 7,0 | 24,5 | 1,4 | Ед. |
| | | 0,05-0,01 | 13,3 | 5,7 | 0,6 | - |
| D | 400-420 | >0,25 | 1,8 | 34,0 | Ед. | - |
| | | 0,25-0,10 | 5,9 | 29,8 | 1,4 | 0,3 |
| | | 0,10-0,05 | 11,9 | 22,5 | 0,8 | 0,4 |
| | | 0,05-0,01 | 12,0 | 15,5 | 1,2 | 0,9 |



| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Разрез 250. Примитивная серо-бурая пустынная слабосвязнопесчаная почва | | | | | | | | |
| 0,5 | 10,0 | - | - | Ед. | - | - | Ед. | 5,7 |
| 10,2 | 4,1 | Ед. | - | " | - | - | 0,1 | 0,2 |
| 12,4 | 3,1 | 1,5 | - | 1,0 | 0,1 | - | 1,3 | 1,0 |
| 8,1 | 2,0 | 1,4 | - | 1,5 | - | - | 0,1 | 1,6 |
| 6,0 | 8,3 | - | - | Ед. | - | - | - | 1,8 |
| 16,9 | 5,4 | Ед. | - | " | - | - | 1,5 | 0,1 |
| 9,9 | 3,8 | 0,5 | Ед. | " | - | - | 1,7 | 0,3 |
| 6,0 | 0,8 | 1,8 | " | 0,7 | - | - | 0,6 | 1,3 |
| 0,3 | 6,2 | - | - | Ед. | - | - | 0,7 | 1,1 |
| 7,0 | 4,3 | Ед. | - | 1,5 | - | - | 10,0 | 0,1 |
| 14,5 | 1,6 | 1,3 | - | Ед. | - | - | 2,0 | 0,2 |
| 2,4 | 1,0 | 1,9 | 0,1 | " | - | - | 0,4 | 1,4 |
| 0,1 | 0,7 | - | - | " | - | - | 4,4 | 4,0 |
| 1,5 | 5,0 | Ед. | - | " | - | - | 8,3 | 0,1 |
| 7,4 | 5,3 | 0,8 | - | " | - | - | 1,4 | 0,2 |
| 3,7 | 0,9 | 1,7 | 0,2 | 2,0 | - | - | 0,8 | 1,5 |
| 2,0 | 3,8 | Ед. | - | Ед. | - | - | 7,0 | 4,0 |
| 7,3 | 3,9 | 0,5 | - | " | - | - | 10,9 | 0,2 |
| 12,9 | 2,8 | 0,8 | 0,2 | " | - | - | 3,6 | 0,4 |
| 3,7 | 1,7 | 0,8 | - | 1,1 | - | 0,1 | 0,4 | 1,2 |
| 4,8 | 12,5 | - | - | Ед. | - | - | 0,2 | 16,6 |
| 6,5 | 4,0 | - | - | " | - | - | 0,7 | 10,9 |
| 13,0 | 5,4 | 0,9 | 0,2 | 0,3 | - | - | 1,5 | 4,0 |
| 8,8 | 1,6 | 2,0 | - | Ед. | - | - | 1,0 | 0,2 |
| Разрез 260. Примитивная серо-бурая пустынная связнопесчаная почва | | | | | | | | |
| Ед. | Ед. | - | - | 5,0 | - | - | Ед. | 12,0 |
| 3,2 | " | 0,3 | - | 18,2 | Ед. | - | 3,9 | 5,8 |
| 5,7 | " | - | - | 15,4 | - | - | 3,4 | 3,4 |
| 2,8 | " | 1,9 | - | 2,4 | - | - | 1,2 | 0,6 |
| Ед. | " | - | - | 7,0 | - | - | - | 10,0 |
| 6,1 | 0,8 | 0,9 | - | 10,8 | - | - | 1,7 | 4,7 |
| 4,1 | Ед. | 1,8 | - | 8,0 | - | - | 1,9 | 1,9 |
| 1,2 | " | 1,0 | - | 2.0 | - | - | 0,9 | 1,2 |
| - | " | - | - | 5,0 | - | - | - | 4,0 |
| 5,9 | 0,8 | - | - | 10,3 | - | - | 1,4 | 4,2 |
| 7,2 | Ед. | 0,3 | - | 8,0 | - | - | 2,6 | 1,3 |
| 4,9 | " | 1,7 | - | 4,3 | - | - | 3,4 | Ед. |
| Ед. | Ед. | - | - | - | - | - | - | 10,0 |
| 9,1 | 0,7 | 0,7 | - | 5,1 | - | - | 1,5 | 2,2 |
| 2,8 | Ед. | 0,3 | - | 4,7 | - | - | 1,0 | 2,1 |
| 1,4 | " | 1,1 | - | 1,0 | - | Ед. | 0,9 | 0,9 |
| 3,0 | 0,3 | - | - | 2,0 | - | - | 0,2 | 17,0 |
| 6,0 | 0,7 | - | - | 2,6 | - | - | 1,4 | 9,8 |
| 10,1 | Ед. | 0,4 | - | 3,8 | - | - | 2,1 | 2,8 |
| 4,2 | " | 1,2 | - | 2,1 | - | - | 3,0 | 1,2 |

Таблица 2 (окончание)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 17 | 18 | 19 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Разрез 250. Примитивная серо-бурая пустынная слабосвязанопесчаная почва | | | | | | |
| Эол. | 0-4 | 0,25 | 1,5 | Ед. | 0,3 | Ед. |
| | | 0,25-0,10 | 3,6 | 0,1 | 0,3 | 0,1 |
| | | 0,10-0,05 | 5,9 | 1,1 | 1,2 | 0,9 |
| | | 0,05-0,01 | 7,5 | 0,8 | 1,7 | 1,4 |
| A | 4-14 | 0,25 | 2,3 | Ед. | Ед. | 0,3 |
| | | 0,25-0,10 | 3,5 | 0,1 | 0,2 | 0,9 |
| | | 0,10-0,05 | 6,0 | 0,6 | 2,1 | 1,4 |
| | | 0,05-0,01 | 10,1 | 0,4 | 1,0 | 0,7 |
| BC | 30-40 | 0,25 | 1,6 | Ед. | - | Ед. |
| | | 0,25-0,10 | 2,9 | 0,1 | 1,1 | 0,1 |
| | | 0,10-0,05 | 5,8 | 2,0 | 4,2 | 0,6 |
| | | 0,05-0,01 | 7,3 | 0,7 | 2,3 | 0,8 |
| BC | 60-70 | 0,25 | 1,4 | 0,9 | - | Ед. |
| | | 0,25-0,10 | 2,1 | 0,1 | 0,4 | - |
| | | 0,10-0,05 | 7,4 | 0,6 | 4,5 | 0,6 |
| | | 0,05-0,01 | 7,7 | 0,4 | 1,8 | 0,7 |
| C | 150-160 | 0,25 | 2,1 | Ед. | 0,4 | Ед. |
| | | 0,25-0,10 | 3,4 | 0,2 | 1,3 | " |
| | | 0,10-0,05 | 7,5 | 0,2 | 5,1 | 0,3 |
| | | 0,05-0,01 | 8,0 | 0,1 | 2,7 | 0,2 |
| | 390-400 | 0,25 | 1,0 | Ед. | 1,0 | Ед. |
| | | 0,25-0,10 | 2,5 | 0,5 | 1,1 | " |
| | | 0,10-0,05 | 3,3 | 0,7 | 5,1 | 0,3 |
| | | 0,05-0,01 | 5,1 | 0,5 | 5,3 | 0,2 |
| Разрез 260. Примитивная серо-бурая пустынная связнопесчаная почва | | | | | | |
| Эол. | 0-7 | 0,25 | 1,3 | Ед. | - | - |
| | | 0,25-0,10 | 6,4 | - | 0,7 | 0,7 |
| | | 0,10-0,05 | 14,6 | - | - | 1,1 |
| | | 0,05-0,01 | 24,0 | - | - | 1,2 |
| A | 7-17 | 0,25 | 0,4 | Ед. | - | - |
| | | 0,25-0,10 | 5,6 | 0,4 | 0,4 | 0,8 |
| | | 0,10-0,05 | 15,6 | 0,9 | - | 0,9 |
| | | 0,05-0,01 | 30,0 | - | - | 1,5 |
| BC | 27-37 | 0,25 | 2,4 | - | - | - |
| | | 0,25-0,10 | 6,4 | 0,7 | 0,3 | 1,0 |
| | | 0,10-0,05 | 13,6 | 0,9 | 1,0 | 0,3 |
| | | 0,05-0,01 | 30,0 | - | 0,8 | 0,5 |
| C | 90-100 | 0,25 | 0,9 | - | - | - |
| | | 0,25-0,10 | 3,8 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| | | 0,10-0,05 | 7,0 | - | - | 1,0 |
| | | 0,05-0,01 | 13,3 | - | - | 0,3 |
| | 400-420 | 0,25 | 1,8 | - | 0,5 | - |
| | | 0,25-0,10 | 5.9 | 0,3 | Ед. | 0,5 |
| | | 0,10-0,05 | 11,9 | - | " | 0,4 |
| | | 0,05-0,01 | 12,0 | - | " | 0,9 |

Примечание: Барита содержится 0,5% во фракции 0,10-0,005 мм на глубине 30-40 см разреза 250, флюорита - 0,2% в частицах 0,10-0,05 мм на глубине 0-4 см разреза 250, пирита - 0,1% во фракции 0,05-0,01 мм

| 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Разрез 250. Примитивная серо-бурая пустынная слабосвязаннопесчаная почва | | | | | | | | |
| - | - | 45,9 | 4,3 | 4,7 | Ед. | 1,8 | Ед. | - |
| - | 0,5 | 40,5 | 3,2 | 2,7 | " | 0,7 | - | Ед. |
| Ед. | 1,7 | 32,6 | 3,2 | 17,4 | 1,2 | 1,3 | - | - |
| - | 5,4 | 29,8 | 3,5 | 16,0 | 3,3 | 1,0 | - | - |
| - | 0,2 | 33,0 | 6,0 | 11,9 | Ед. | 0,2 | Ед. | - |
| - | 0,1 | 28,3 | 6,8 | 1,4 | " | 0,2 | - | - |
| 0,1 | 2,8 | 28,7 | 4,4 | 19,6 | 1,0 | 1,0 | - | 0,3 |
| - | 4,4 | 30,1 | 7,1 | 12,4 | 1,0 | 0,8 | - | - |
| - | Ед. | 62,0 | 3,5 | 1,5 | Ед. | 0,4 | Ед. | - |
| - | 0,2 | 41,2 | 2,0 | 1,6 | " | 0,7 | - | - |
| Ед. | 2,0 | 27,1 | 3,2 | 16,3 | 0,8 | 2,4 | - | - |
| - | 2,8 | 30,5 | 7,9 | 17,2 | 0,7 | 1,0 | - | 0,1 |
| - | Ед. | 61,7 | 1,8 | 0,8 | Ед. | 0,1 | Ед. | - |
| - | " | 48,1 | 1,7 | 1,0 | " | 2,0 | - | - |
| Ед. | 1,3 | 32,3 | 3,2 | 20,4 | 0,8 | 1,2 | - | - |
| - | 2,4 | 25,6 | 5,6 | 19,3 | 0,8 | 0,7 | - | - |
| - | Ед. | 39,4 | 1,1 | 5,0 | Ед. | 0,2 | Ед. | - |
| - | " | 41,9 | 1,9 | 0,9 | " | 0,3 | - | - |
| Ед. | 1,7 | 26,0 | 3,6 | 20,1 | 0,6 | 0,7 | - | - |
| - | 5,4 | 29,5 | 4,1 | 19,4 | 0,3 | 0,7 | - | - |
| - | Ед. | 22,6 | 1,6 | 2,6 | Ед. | 0,1 | Ед. | - |
| - | " | 43,1 | 1,7 | 1,3 | " | Ед. | | |
| - | 3,0 | 22,8 | 3,6 | 17,2 | 1,0 | 0,3 | - | - |
| - | 2,7 | 22,2 | 2,8 | 18,6 | 1,3 | 0,2 | - | - |
| Разрез 260. Примитивная серо-бурая пустынная связнопесчаная почва | | | | | | | | |
| - | Ед. | 49,0 | 10,0 | Ед. | Ед. | Ед. | Ед. | - |
| - | 1,4 | 32,4 | 11,1 | 1,4 | " | 0,3 | - | Ед. |
| 0,1 | 2,3 | 29,1 | 9,6 | 2,0 | " | 1,0 | - | - |
| - | 20,6 | 10,4 | 5,7 | 38,0 | 3,0 | 0,9 | - | - |
| - | Ед. | 53,0 | 10,0 | Ед. | Ед. | Ед. | Ед. | - |
| - | 0,8 | 35,3 | 5,1 | 4,9 | " | - | - | - |
| Ед. | 4,1 | 28,1 | 6,1 | 19,0 | 0,6 | 0,9 | - | Ед. |
| - | 21,8 | 10,3 | 4,5 | 37,0 | 7,5 | 0,6 | - | - |
| - | Ед. | 50,0 | 20,0 | Ед. | Ед. | Ед. | Ед. | - |
| - | 0,7 | 34,2 | 8,6 | 5,9 | " | 0,7 | - | - |
| Ед. | 3,1 | 23,1 | 6,5 | 17,4 | 0,6 | 1,6 | - | Ед. |
| - | 12,5 | 11,3 | 3,4 | 27,2 | 7,5 | 4,3 | - | - |
| - | Ед. | 48,0 | 10,0 | Ед. | Ед. | Ед. | - | - |
| - | 0,7 | 33,7 | 9,1 | 7,9 | " | 0,4 | - | - |
| Ед. | 4,9 | 22,6 | 4,9 | 17,0 | 0,5 | 0,3 | - | - |
| - | 18,0 | 7,5 | 3,7 | 53,3 | 3,7 | 1,4 | - | - |
| - | - | 46,0 | 4,0 | Ед. | Ед. | - | - | - |
| - | 1,3 | 38,7 | 6,6 | 0,4 | " | Ед. | - | - |
| - | 3,5 | 28,7 | 8,1 | 16,1 | 0,3 | " | - | - |
| - | 11,6 | 13,8 | 8,4 | 33,6 | 1,4 | " | - | - |

разрезов 250 и 260. Оливины присутствуют в почве разреза 250 в количестве 0,2% в частицах 0,05-0,01 мм (гор. C), 0,25-0,10 мм на глубине 60-70 см (горизонты BC и C) и 0,8% в частицах 0,10-0,05 мм (гор. D).

0,05–0,01 мм горизонтов В и С в виде бесцветных и желтоватых окатанных призматических чистых зерен. Монацит представлен бесцветными и зеленовато-желтыми хорошо окатанными и полуокатанными призматическими и неправильными зернами и редко таблитчатыми кристаллами. 3–5% зерен монацита в Кызылкумах покрыты коричнево-бурыми соединениями церия. О разложении монацита в каракумских почвах можно судить по наличию зональных зерен. Общее количество минералов снижается в верхней части профиля, что служит дополнительным доказательством их неустойчивости.

Карбонаты в тяжелой фракции состоят из доломита, кальцита и сидерита. Во всех исследованных почвах преобладает доломит. Он обнаруживается в виде бесцветных обломочных округленных удлиненных зерен и аутигенных ромбоэдрических кристаллов. Минерал чистый, без видимых изменений. Сидерит и кальцит содержатся в виде желто-бурых и бесцветных глинистых мелкозернистых агрегатов и неправильных зерен. Кальцит попал из легкой в тяжелую фракцию за счет ожелезнения. Сидерит встречается лишь в гумусовых горизонтах, а в почвообразующих породах его нет. Следовательно, в его образовании непосредственное участие принимают почвенные процессы. Сидерит – весьма неустойчивый минерал, 40–50% зерен его имеют пятна и пленки гидроокислов железа.

Карбонатно-глинистые агрегаты образовались вследствие гипергенеза амфиболов, пироксенов, полевых шпатов. Содержание карбонатов увеличивается в верхних горизонтах почв в связи с их сравнительно малой подвижностью и малой растворимостью в пустынных условиях.

Корунд представлен бесцветными и желтоватыми неправильными зернами. В Каракумах он отмечается в эоловом слое, а в Кызылкумах – во всех горизонтах почв, в основном во фракции 0,05–0,01 мм. Корунд совершенно чистый даже в горизонтах А и В.

Оливины, как крайне неустойчивые минералы, присутствуют только в горизонте С и в нижней части горизонта ВС каракумских почв. Они представлены бесцветными и желтовато-зелеными неправильными зернами форстерита и оливина, большинство из которых замещается серовато-желтым антигоритом и бурыми окислами железа.

Пикотит встречается спорадически, в очень малых количествах (не больше 0,5%) во фракции 0,05–0,01 мм, в форме угловато-окатанных неправильных и таблитчатых зерен светло-бурого и красно-бурого цветов. Поверхность их ровная, чистая, тонкоисштрихованная. На зернах обнаружены субмикроскопические углубления, других изменений нет. Пикотит образовался, возможно, при разложении андалузита и высвобождении его из включений.

Пироксены включают в себя ромбическую (гиперстен) и моноклинные (авгит, диопсид, сподумен) разновидности. Все эти минералы имеют призматический габитус. В зернах их в качестве включений можно увидеть рудные минералы, биотит, пузырьки жидкости и газа. Пироксены часто с изрезанными, ступенчатыми краями; поверхность

их трещиноватая, с грубой штриховкой. Ромбический пироксен – гиперстен – менее устойчив по сравнению с моноклинными представителями. Около 20% зерен его покрыты сплошной красной пленкой иддингсита и боулингита. На зернах же моноклинных пироксенов обнаруживаются примазки глинистого вещества и пятна гидроокислов железа. Отмечающееся увеличение содержания пироксенов в отдельных фракциях горизонтов А и В является результатом различной устойчивости минералов, а также следствием нарушения почвообразования дефляцией песчаных пустынных почв.

Слюды представлены пластинками и табличками бесцветного мусковита, зеленого и бурого биотита. Единичные пластинки имеют включения рутила, циркона, турмалина, пикотита, графита. Слюды преимущественно с изрезанными или загнутыми краями, сильно раздробленные. Легче подвергается преобразованиям биотит, который замещается хлоритом, эпидот-цоизитовыми минералами и гидроокислами железа. Мусковит в основном превращается в гидромусковит. Слюды изменены во всех горизонтах, причем наиболее интенсивно в горизонтах А и В. Общее количество слюд снижается от горизонта С вверх по профилю, что является дополнительным свидетельством их разложения. Увеличение же количества слюд в некоторых фракциях гумусовых горизонтов происходит, по-видимому, в связи с замещением ими плагиоклазов в процессе выветривания и почвообразования.

Ставролит фиксируется в наибольших количествах в Кызылкумах. Он имеет вид светло-желтых и красно-коричневых зерен призматического облика, обычно полуокатанных. Большинство их содержит включения кварца, углистой пыли, пузырьков газа и жидкости. Поверхность минерала с едва заметными царапинками, на отдельных зернах наблюдается глинисто-железистая примазка. Как устойчивый минерал, ставролит накапливается в гумусовых горизонтах.

Сфен сосредоточивается в значительных количествах главным образом в частицах размером менее 0,10 мм. Он имеет форму клиновидных, изометричных зерен и призматических кристаллов, хорошо окатанных или угловатых. Зерна сфена бесцветные, зеленовато-желтые и буровато-желтые. Минерал лучше сохранился в каракумских почвах, в которых лишь единичные зерна корродированы или со следами слабой лейкоксенизации. В Кызылкумах измененных зерен больше (20–30%); для них характерны трещиноватость и слабое замещение лейкоксеном. Содержание сфена снижается во многих фракциях от горизонта С к горизонту А. Возрастание величин его в некоторых фракциях верхней части профиля связано с взаимными переходами титансодержащих минералов.

Турмалин в наибольших количествах отмечается в кызылкумских почвах. Это устойчивый алюмо-боросиликат, накапливающийся в гумусовых горизонтах. Он образует зеленовато-бурые, сине-фиолетовые, зеленые, редко бесцветные хорошо окатанные и полуокатанные призматические зерна и слабоокатанные призматические кристаллы.

Из включений в турмалине изредка присутствуют пузырьки жидкости и рудная пыль. Все зерна турмалина с ровными краями. Поверхность их трещиноватая только в Кызылкумах.

Флюорит встречается в верхних горизонтах каракумских почв в виде бесцветных и слегка фиолетовых неправильной формы зерен, обычно несколько окатанных или угловатых. Сохранность минерала хорошая. По-видимому, флюорит привнесен извне или высвобожден из включений других минералов.

Фосфорит обнаруживается в некоторых фракциях в количествах, не превышающих 0,7%. Он имеет форму табличек бурого и желто-бурого цветов, с низкими тонами интерференции. В табличках содержится примесь пелитоморфных частиц. Поверхность табличек шагреневая. Относительное увеличение их числа в гумусовых горизонтах происходит, вероятно, за счет выпадения фосфорита после взаимодействия $P_2O_5$, накопленного при разложении растительных остатков, с карбонатом кальция.

Циркон представлен бесцветными, розовыми и буроватыми хорошо окатанными и полуокатанными зернами призматической формы, а также слабо и совсем не окатанными шестоватыми и призматическими кристаллами с короткими пирамидками. В редких случаях в некоторых кристаллах отмечаются ядра и вторичная каемка. В единичных зернах содержатся включения игольчатого рутила, рудных минералов, гематита, газово-жидкой фазы. В Каракумах циркон менее измененный. Здесь можно наблюдать лишь метамиктный распад (наличие зональности) у единичных зерен. В Кызылкумах, кроме того, 5% зерен имеют трещиноватую поверхность, а единичные покрыты красно-бурой пленкой. Содержание циркона вверх по почвенному профилю увеличивается незначительно.

Эпидотовая группа образована эпидотом, цоизитом и ортитом. Отмечаются и переходные разновидности от полевых шпатов к эпидоту – взаимопроросшие эпидот с полевыми шпатами и серицитом. Цоизит и ортит встречаются очень редко. Зерна эпидота зеленые, бутылочно- и желтовато-зеленые, цоизита – бесцветные и желтоватые, ортита – желтые, бурые и красновато-бурые. Минералы неправильной формы, хорошо окатанные и полуокатанные. Единично присутствуют двойники и полуокатанные призматические кристаллы эпидота. Наиболее преобразованным минералом оказался эпидот, у которого содержание чистых зерен составляет не более 10%. Особенно ярко выражены изменения эпидота во фракциях более 0,10 мм кызылкумских почв; 80–90% его зерен в различной степени пелитизированы и карбонатизированы, а некоторые замещаются цоизитом и хлоритом. Эпидот является не только обломочным, но и новообразованным минералом, о чем может свидетельствовать возрастание его количества во многих фракциях верхних горизонтов, присутствие совершенно чистых кристаллов и наличие переходных форм от полевых шпатов к эпидоту.

Ильменит встречается в виде хорошо окатанных и полуокатанных табличек, пластинок и неправильных зерен с отполированной, редко

ямчатой поверхностью. В проходящем свете зерна ильменита совершенно непрозрачные, а в отраженном – серовато-черные, коричневые и серые с буроватым оттенком. Ильменит слабо подвергается биохимическому выветриванию. Преобладают чистые зерна. Замещение лейкоксеном отмечается в единичных случаях. При физическом выветривании ильменит переходит в мелкие фракции. По профилю почв он распределяется более или менее равномерно.

Магнетит образует хорошо окатанные и полуокатанные изометрические зерна и плохо окатанные октаэдрические кристаллы; последние обнаруживаются во фракции крупной пыли. В проходящем свете зерна и кристаллы непрозрачные, в отраженном – черного и серебристо-серого цветов. Минерал совершенно чистый, сильно магнитный. В наибольшем количестве он встречается в Кызылкумах, концентрируясь в основном в мелких фракциях в результате физического выветривания. Его содержание возрастает преимущественно вверх по профилю.

Лейкоксен представлен округлыми непрозрачными в проходящем свете зернами. В отраженном свете имеет белесый и желтовато-белый цвет. Поверхность шероховатая, но чистая. Минерал накапливается главным образом в верхних горизонтах. Лейкоксен не только унаследован от материнских пород, но и образуется при современном гипергенезе за счет анатаза, реже сфена, рутила и ильменита.

Гидроокислы железа обнаруживаются в виде неправильных плоских почковидных зерен, порошковатых агрегатов и псевдоморфоз по другим минералам. В проходящем свете гидроокислы железа непрозрачные, а в отраженном имеют вишневую, бурую, красно-бурую, охристую и кирпично-желтую окраску. Они в основном состоят из лимонита, реже из гидрогематита, гематита и гетита. Некоторые агрегаты гидроокислов железа представлены нацело ожелезненными гидрослюдами и хлоритом. Гидроокислы железа накапливаются в горизонте В полноразвитых и в горизонте А примитивных почв, где образуются на месте при почвообразовании за счет богатых железом минералов сидерита, глауконита, амфиболов и слюд.

Пирит в долях процента встречается спорадически в отдельных фракциях горизонтов А и ВС каракумских почв, являясь аутигенным минералом. Он имеет вид неправильных зерен, в отраженном свете желтовато-золотистого цвета. На отдельных зернах пирита отмечаются замещения лимонитом.

Хромит встречается во фракциях 0,10–0,01 мм верхних горизонтов почв в виде неправильных зерен и октаэдрических кристаллов, в отраженном свете сероватой окраски. Единичные зерна хромита имеют неровную поверхность и пятна гидроокислов железа.

Пиролюзит образует уплощенные неправильные зерна и почковидные агрегаты размером более 0,25 мм. В отраженном свете он обычно имеет черную окраску. Все зерна пиролюзита корродированы. Вверх по профилю содержание минерала уменьшается, так как он – основной источник марганца для растений.

## ВЫВОДЫ

Пески и песчаные почвы Каракумов и Кызылкумов по содержанию легкой фракции являются полевошпатово-кварцевыми со значительным количеством кальцита и слюды, а по содержанию тяжелой фракции – эпидотовыми в Кызылкумах и эпидотово-амфиболовыми в Каракумах. Существенную часть среди тяжелых минералов занимают также гидроокислы железа, ильменит, альмандин, биотит, пироксены. Наиболее неодородными по составу оказались пески Каракумов, как более молодые по возрасту: в них еще сохранилось много обломков пород.

Большое количество легко разрушающихся минералов и слабо окатанная форма частиц в материнских песках говорят об их недалеком перемещении (Гиссарский хребет, Памир, Копетдаг).

На изменение минералогического состава сильное влияние оказывает физическое выветривание, в результате которого происходит истирание, дробление минералов и переход их в более мелкие фракции по механическому составу. Биохимическое выветривание оказывает меньшее влияние на изменение минералов в пустынных условиях.

Исследованные пески прошли длинный путь развития, поэтому их преобразования – результат не только современного гипергенеза, но и постмагматических изменений первичных пород, при разрушении которых они образовались.

Свидетельством современного выветривания и почвообразования служат наибольшие изменения неустойчивых минералов в гумусовых горизонтах. Зона интенсивного выветривания – с поверхности и до глубины 40 см.

В системе почва – порода в исследованных фракциях можно выделить следующие типы связи минералов:

а) кварц, дистен, фосфорит – почва $>$ порода;

б) калиевые полевые шпаты, роговые обманки гранаты, рутил, пироксены, ставролит, магнетит, лейкоксен – почва $\gtrless$ порода;

в) слюды, рибекит, актинолит, тремолит, апатит, брукит, оливины, пиролюзит – почва $<$ порода;

г) андалузит, монацит, ксенотим, ромбические пироксены, сфен – почва $\leqslant$ порода;

д) эпидот, цоизит, силлиманит, моноклинные пироксены – почва $\geqslant$ $\geqslant$ порода.

В зависимости от дисперсности одни и те же минералы ведут себя по-разному. Они в большей степени изменены во фракциях крупнее 0,10 мм. Одни из них под влиянием выветривания и почвообразования удаляются из верхних горизонтов, количество других возрастает. Наиболее разложенными являются эпидот, глауконит, слюды, оливины. Крайне неустойчивы также плагиоклазы, фосфориты, сидерит, брукит. К неустойчивым можно отнести пиролюзит, анатаз, апатит, андалузит, тремолит, актинолит, рибекит, гиперстен, сфен, роговые обманки, полевые шпаты. Средней степенью устойчивости

обладают рутил, цоизит, циркон, гранаты, моноклинные пироксены, монацит, ксенотим, ильменит. Устойчивыми оказались магнетит, флюорит, ставролит, пикотит, дистен, силлиманит, доломит, барит. Крайне устойчивыми являются кварц, турмалин, корунд, кальцит, лейкоксен, каолинит.

Количество таких минералов, как плагиоклазы, оливины, глауконит, апатит, амфиболы, уменьшается по мере того, как почва становится более зрелой.

В процессе выветривания и почвообразования образуются новые минералы, а именно: серицит, хлорит, нонтронит, антигорит, сидерит, гидромусковит, барит, соссюрит, иддингсит, боулингит, лейкоксен, гидроокислы железа. Отмечено также присутствие в почвах аутигенных глауконита, кальцита, доломита, цоизита, мусковита. Однако основными почвенными процессами являются пелитизация, образование карбонатно-глинистых и железисто-глинистых агрегатов, серицитизация, рубефикация (по Е.В. Лобовой), биогенное накопление карбонатов, перекристаллизация карбонатов, образование железистых пленок.

ЛИТЕРАТУРА


Батурин В.П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1947.

Виноградов А.В., Мамедов Э.Д., Степанов И.Н. О древних почвах в песках Кызылкумов. – Почвоведение, 1969, № 9.

Гаель А.Г., Хабаров А.В. Почвы Прибалхашья.– В кн.: Условия формирования урожая на песчаных пастбищах Прибалхашья. – Алма-Ата, "Наука", 1973.

Горбунов Н.И. Почвенные коллоиды и их значение для плодородия. М., "Наука", 1967.

Горбунов Н.И. Минералогия и коллоидная химия почв. М., "Наука", 1974.

Горбунов Б.В., Кимберг Н.В. Классификация почв УзССР. – Изв. Узб. филиала Геогр. об-ва СССР, т. VI. Ташкент, 1962.

Гриднев Н.И. Особенности минерального состава эоловых песков Юго-Восточных Кызылкумов. – Докл. АН УзССР, 1960а, № 2.

Гриднев Н.И. Схема районирования аллювиально-пролювиальных отложений центральной и южной части Средней Азии по их минерально-петрографическим ассоциациям. – Докл. АН СССР, 1960б, т. 132, № 3.

Даминова А.М. Породообразующие минералы. М., "Высшая школа", 1974.

Димо Н.А. Классификация почв и пород по механическому составу. – Изв. Ин-та почвовед. и геобот. САГУ, вып. 1. Ташкент, 1925.

Добровольский В.В. Типоморфные новообразования в четвертичных отложениях пустынной зоны СССР – Почвоведение, 1961, № 10.

Кимберг Н.В. Почвы пустынной зоны Узбекской ССР. Ташкент, ФАН, 1974.

Ковда В.А. Геохимия пустынь СССР. – Доклад на V Междунар. конгр. почвоведов. М., Изд-во АН СССР, 1954.

Ковда В.А. Основы учения о почвах, т. 1 и 2. М., "Наука", 1973.

Лавров А.П. К вопросу о наименовании почв Кара-Кумов. – Изв. АН Туркм. ССР, 1952, № 1.

Леонтьев А.А. Песчаные пустыни Средней Азии и их лесомелиоритивное освоение. Автореф докт. дисс. Ташкент, 1967.

Лобова Е.В. Почвы пустынной зоны СССР. М., Изд-во АН СССР, 1960.
Лобова Е.В. Классификация пустынных почв суббореального пояса. – В кн.: География и классификация почв Азии. М., "Наука", 1965.
Лукашев В.К. Геохимия четвертичного литогенеза. Минск, 1970.
Мильнер Г.Б. Петрография осадочных пород, т. 2. М., "Недра", 1968.
Обручев В.А. Песчаная пустыня Каракум 60 лет назад и ее современное социалистическое преобразование. – Бюлл. МОИП, отд. геол., 1952.
Островский И.М. Рельеф песков западной части Низменных Каракумов. М., Изд-во АН СССР, 1960.
Парфенова Е.И., Ярилова Е.А. Минералогические исследования в почвоведении. М., Изд-во АН СССР, 1962.
Петров М.П. Пустыни земного шара. Л., "Наука", 1973.
Почвы Узбекской ССР, т. I. Ташкент. Изд-во АН УзССР, 1949.
Розанов А.Н. Сероземы Средней Азии. М., Изд-во АН СССР, 1951.
Сиротин К.М. Определитель минералов. М., "Высшая школа", 1974.
Тюрин И.В. О биологическом накоплении кремнекислоты в почвах. – В кн.: Проблемы советского почвоведения, сб. 4. М., Изд-во АН СССР, 1937.
Указания по классификации и диагностике почв, вып. IV. М., "Колос", 1967.
Федорович Б.А. Основные черты рельефа песков пустыни Каракумы. – В кн.: Происхождение песчаного рельефа и лесса. Труды Ин-та географии АН СССР, т. 30, 1960.
Швецов М.С. Петрография осадочных пород. М.–Л., Госгеолтехиздат, 1948.

## ABSTRACT

Sands, desert sandy and sandy grey–brown soils were investigated. Coarse sandy fractions (> 0.25 mm) were studied with the binocular microscope, and finer particles – 0.25–0.10mm, 0.10–0.05mm, 0.05–0.01mm – in immersion liquids under the polarizing microscope MIN–8. A complex of methods: immersion, X–ray, thermical and microchemical analyses were applied to identify the newly formed secondary minerals. A classification of Kara–Kum and Kysyl–Kum sands is sug – gested, which is based on the content of heavy and other minerals, tendencies in biochemical and physical weathering and resistance to weathering. Types of relations between minerals in the system "soil–rock" are revealed. Main pedogenetical processes and their differences in the two sandy massives investigated are found out.

*Н.В. Кимберг, Т.П. Попова*

# О НЕКОТОРЫХ ПУСТЫННЫХ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ

Еще при почвенных исследованиях 50-х годов в Центральных Кызылкумах было отмечено, что нижние части северных подгорных равнин занесены песком и на них развиваются пустынные песчаные почвы, подстилаемые погребенными серо-бурыми почвами (Кимберг, 1974). Исследованиями 1973-1975 гг. (при участии Р.Кузнева) в Центральных Кызылкумах установлено, что ареалы распространения этих почв довольно широки и стадии развития их различны - от начального занесения песком серо-бурой почвы до пустынной песчаной почвы с начальными признаками серо-бурой.

Серо-бурые почвы подгорных равнин низкогорий Центральных Кызылкумов многократно описаны (Лобова, 1960; Кимберг, 1974). Морфологический профиль их состоит из горизонта А мощностью 10-12 см буровато-серого цвета чешуйчатой или слабослоеватой структуры, сверху хорошо отделяется серая пористая корка мощностью 2-4 см. Ниже залегает ярко-бурый горизонт В мощностью 20-30 см, плотный, глыбистый; далее вскрывается песчано-скелетный пролювий, в разной степени гипсированный.

По механическому составу серо-бурые почвы Центральных Кызылкумов супесчаные или связнопесчаные, преобладающие фракции механического состава песчаные (табл. 1). В горизонте В наблюдается утяжеление механического состава.

Малогумусность серо-бурых почв общеизвестна, но легкий механический состав почв в Центральных Кызылкумах обусловливает крайне низкое содержание органического вещества и азота (табл.2).

Карбонатный профиль показывает некоторое иллювиирование карбонатов и максимум их в буром горизонте ($B_2$). Серо-бурые почвы, развитые на пролювии в Центральных Кызылкумах, как правило, не засолены (табл. 3). Но содержание воднорастворимых солей резко возрастает в почвообразующей породе. Нет значительных (более 0,3%) скоплений воднорастворимых солей и во всех описанных ниже пустынных песчаных почвах.

При занесении серо-бурой почвы песком горизонт А разрушается. Сверху аккумулируется песчаный слабоскелетный эоловый нанос мощностью 25-30 см. Верхняя часть его сыпучая, нижняя - слабо уплотненная. Растительный покров на таких участках очень разреженный. Содержание гумуса, элементов питания и карбонатов в эоловом наносе (табл. 5, слой 0-10 см) свидетельствует о том, что он слабо затронут почвообразовательным процессом.

Таблица 1

Механический состав серо-бурой почвы (разрез 2876)

| Горизонт | Глубина, см | Размер фракций, мм, содержание, % | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | >0,25 | 0,25–0,1 | 0,1–0,005 | 0,05–0,01 |
| A | 0–10 | 4,5 | 19,3 | 52,7 | 11,4 |
| $B_1$ | 15–25 | 3,6 | 23,3 | 48,1 | 5,7 |
| $B_2$ | 30–40 | 2,8 | 13,1 | 43,8 | 4,8 |

Таблица 1 (окончание)

| Горизонт | Глубина, см | Размер фракций, мм, содержание % | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,01–0,005 | 0,005–0,001 | <0,001 | Физическая глина |
| A | 0–10 | 3,6 | 4,8 | 3,7 | 12,1 |
| $B_1$ | 15–25 | 5,1 | 6,9 | 7,3 | 19,3 |
| $B_2$ | 30–40 | 6,7 | 13,3 | 10,5 | 35,5 |

Таблица 2

Содержание гумуса, азота, фосфора, калия и $CO_2$ карбонатов в серо-бурой почве, % (разрез 2875)

| Горизонт | Глубина, см | Гумус | Азот общий | Фосфор валовой | Калий валовой | $CO_2$ карбонатов |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 0–10 | 0,24 | 0,018 | 0,071 | 2,23 | 5,29 |
| $B_1$ | 15–25 | 0,17 | 0,013 | 0,051 | 2,34 | 5,14 |
| $B_2$ | 30–40 | 0,20 | 0,012 | 0,065 | 2,34 | 8,50 |
| C | 50–60 | 0,18 | 0,013 | 0,047 | 1,94 | 8,35 |

Таблица 3

Состав водной вытяжки, % к воздушно-сухой почве

| Горизонт | Глубина, см | Сухой остаток | Щелочность | | $Cl^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | от нормальных карбонатов в $CO_3^{-2}$ | общая $HCO_3$ | |
| A | 0-10 | 0,108 | Нет | 0,029 | 0,003 |
| $B_1$ | 15-25 | 0,116 | " | 0,038 | 0,004 |
| $B_2$ | 30-40 | 0,228 | 0,005 | 0,056 | 0,059 |
| C | 50-60 | 1,398 | Нет | 0,013 | 0,089 |

Таблица 3 (окончание)

| Горизонт | Глубина, см | Сухой остаток | $SO_4^{-2}$ | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+1}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 0-10 | 0,108 | 0,055 | 0,010 | 0,004 | 0,002 |
| $B_1$ | 15-25 | 0,116 | 0,057 | 0,002 | 0,004 | 0,010 |
| $B_2$ | 30-40 | 0,228 | 0,102 | 0,002 | 0,004 | 0,075 |
| C | 50-60 | 1,398 | 0,791 | 0,186 | 0,010 | 0,130 |

С поселением растительности на эоловом песчаном наносе начинает формироваться пустынная песчаная почва. Морфологический профиль ее неполноразвит и имеет следующее строение: верхний 2-3-сантиметровый горизонт $A_0$ - сыпучий желтовато-серый песок со скелетом; под ним - корешковатый горизонт $A_1$, имеющий мощность около 8 см, такого же цвета, но с буроватым оттенком, связнопесчаный, слабоскелетный, слегка уплотненный, с пучками корней эфемеров; на корнях - непрочные "бусы", в ненарушенном состоянии слабо заметна прерывистая тонкая слоистость.

Ниже вскрывается слабо затронутый почвообразованием эоловый нанос (BC) мощностью 15-20 см, буроватый, слабоскелетный, с редкими корешками и единичными неясными расплывчатыми пятнами карбонатов. Под ним залегает остаточный бурый горизонт серо-бурой почвы ($D_1$) с крупной яркой карбонатной белоглазкой, плот-

Таблица 4

Механический состав припесчаненной серо-бурой почвы (разрез 875)

| Горизонт | Глубина, см | Размер фракций, мм; содержание, % | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | >0,25 | 0,25-0,1 | 0,1-0,005 | 0,05-0,001 |
| $A_0$ | 0-10 | 4,7 | 39,2 | 46,7 | 2,6 |
| B | 30-40 | 5,6 | 15,6 | 37,0 | 4,0 |
| C | 70-80 | 20,9 | 17,1 | 50,2 | 4,9 |

Таблица 4 (окончание)

| Горизонт | Глубина, см | Размер фракций, мм; содержание, % | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,01-0,005 | 0,05-0,001 | <0,001 | <0,01 |
| $A_0$ | 0-10 | 3,3 | 1,0 | 2,5 | 6,8 |
| B | 30-40 | 7,2 | 16,3 | 14,3 | 37,8 |
| C | 70-80 | 0,7 | 4,7 | 1,5 | 6,9 |

Таблица 5

Содержание гумуса, азота, фосфора и $CO_2$ карбонатов в припесчаненной серо-бурой почве, %

| Горизонт | Глубина, см | Гумус | Азот | Фосфор валовой | $CO_2$ карбонатов |
|---|---|---|---|---|---|
| $A_0$ | 0-10 | 0,15 | 0,012 | 0,046 | 3,95 |
| B | 30-40 | 0,25 | 0,024 | 0,061 | 7,68 |
| C | 70-80 | - | - | - | 6,33 |

ный, глыбистый, с редкими тонкими корешками и следами деятельности землероев. Ниже идет скелетно-песчаный пролювий. Механический состав этой почвы связнопесчаный, с очень большим содержанием среднего и мелкого песка и ничтожным илистых частиц (табл. 6). Но в горизонте $B_2$ отмечается уже некоторое утяжеление. Погребенный горизонт серо-бурой почвы ($D_1$) отличается более тяжелым механическим составом.

Гумусовый профиль несколько расширен в горизонте А (рис. 1). В погребенном буром горизонте ($D_1$) гумус постепенно минерализуется (табл. 7). Содержание азота и распределение его по профилю почв и грунтов свидетельствуют о более медленной его минерализации в погребенных горизонтах. Это, по-видимому, связано с закреплением значительной части азота в гуминовой трудноразрушаемой части гумуса. Увеличивается и содержание валового фосфора, биологическая аккумуляция которого в горизонте А четко выражена. Карбонаты накапливаются в верхних горизонтах, но максимальное их количество отмечается в буром горизонте погребенной серо-бурой почвы.

Хорошо развитые пустынные песчаные почвы на эоловых отложениях, подстилаемых с 0,5–1,0 м погребенной серо-бурой почвой, имеют наибольшее распространение. Морфологический профиль такой почвы имеет все горизонты, присущие "зрелым" пустынным песчаным почвам: $A_0$ мощностью 3–4 см – желтовато-серый сыпучий песок с редкой дресвой и щебнем, покрытый сверху несплошной тонкой очень непрочной корочкой (0,5–1 см), трещиноватый; под ним развит корешковатый горизонт А, обычно связнопесчаный, с непрочными "бусами" на корнях, слабоуплотненный, непрочнокомковатый, мощностью 6–8 см. Ниже следует горизонт В с карбонатной цементацией, мощностью 20–30 см, буровато-серый, связнопесчаный, уплотненный, с тонкими корешками и редкими ходами землероев, карбонаты в виде белого налета и плесени. Далее вскрывается эоловый нанос С – светло-бурый мелкий песок с редким скелетом, количество которого книзу увеличивается; мощность этого слоя различная – от 15 до 70 см. Под ним вскрывается погребенная серо-бурая почва.

В механическом составе пустынных песчаных почв на этой стадии развития количество песчаных фракций значительно меньше (табл. 8), в почвенных горизонтах заметно увеличивается содержание крупной пыли. Содержание остальных фракций почти не изменилось. Наряду с некоторым утяжелением механического состава в процессе почвообразования идет (до определенных пределов) накопление гумуса, азота и других элементов плодородия с ясно выраженной биогенной аккумуляцией их в верхней части профиля – горизонте А. Гумусовый профиль приближается к характерному для развития пустынных песчаных почв (рис. 1, *в*).

Карбонатный профиль пустынных почв, как показывают данные табл. 9, определяется в основном механическим составом – он почти повторяет кривые распределения илистой фракции (рис. 2). Био-

Таблица 6

Механический состав слаборазвитой пустынной песчаной почвы (разрезы 1475, 1474)

| Горизонт | Глубина, см | Размер фракций, мм, содержание, % | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | >0,25 | 0,25–0,1 | 0,01–0,05 | 0,05–0,01 |
| A | 0–10 | 6,6 | 45,0 | 34,1 | 5,9 |
| BC | 11–21 | 3,1 | 50,1 | 29,7 | 4,1 |
| $D_1$ | 45–55 | 8,6 | 30,1 | 33,8 | 4,9 |
| $D_2$ | 105–115 | 41,1 | 21,5 | 32,2 | 4,0 |
| $A_0$ | 0–10 | 5,2 | 39,5 | 49,2 | 2,4 |
| $A_1$ | 10–16 | 4,2 | 43,3 | 44,3 | 3,3 |
| BC | 20–30 | 3,7 | 45,7 | 42,0 | 2,7 |
| $D_1$ | 50–58 | 11,2 | 24,0 | 46,1 | 5,5 |
| $D_2$ | 65–75 | 42,7 | 13,7 | 27,8 | 3,7 |
| $D_2$ | 110–120 | 71,4 | 6,6 | 3,9 | 3,9 |

Таблица 6 (окончание)

| Горизонт | Глубина, см | Размер фракций, мм, содержание, % | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,01–0,005 | 0,005–0,001 | <0,001 | <0,01 |
| A | 0–10 | 1,4 | 3,5 | 3,5 | 8,4 |
| BC | 11–21 | 0,6 | 4,6 | 7,8 | 13,0 |
| $D_1$ | 45–55 | 3,2 | 10,3 | 9,1 | 22,6 |
| $D_2$ | 105–115 | 0,6 | – | 0,6 | 1,2 |
| $A_0$ | 0–10 | 1,1 | – | 1,3 | 3,04 |
| $A_1$ | 10–16 | 1,0 | 2,0 | 1,3 | 4,9 |
| BC | 20–30 | 1,7 | 0,8 | 3,4 | 5,9 |
| $D_1$ | 50–58 | 2,8 | 4,8 | 5,6 | 13,2 |
| $D_2$ | 65–75 | 1,6 | 6,5 | 4,0 | 12,1 |
| $D_2$ | 110–120 | 3,5 | 7,2 | 13,5 | 14,2 |

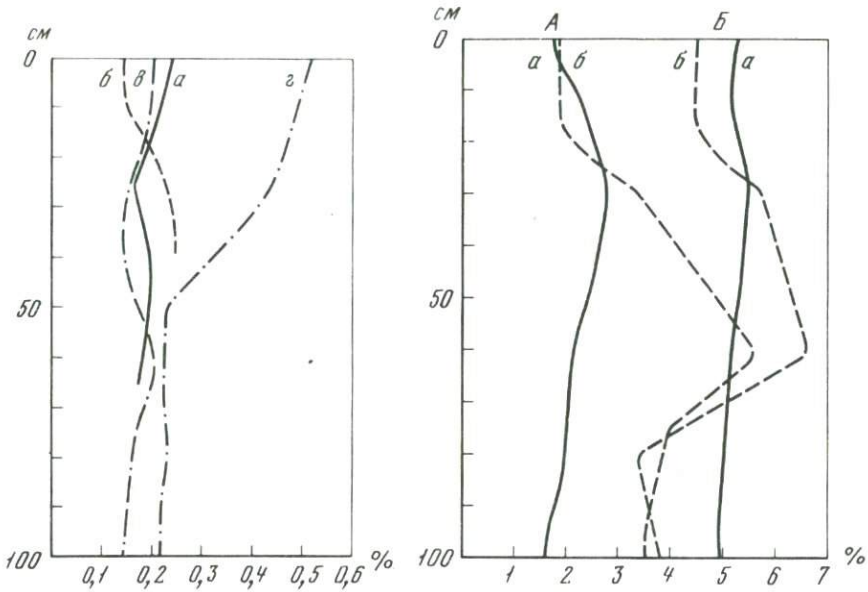



Рис. 1. Содержание гумуса по профилю почв.

*а* – серо-бурая почва на пролювии; *б* – пустынная песчаная слаборазвитая почва; *в* – пустынная песчаная развитая почва; *г* – пустынная песчаная полноразвитая почва

Рис. 2. Распределение ила (*а*) и $CO_2$ карбонатов (*б*) в пустынных песчаных почвах.

*А* – слаборазвитая почва, *Б* – развитая почва

Таблица 7

Содержание гумуса, элементов питания и $CO_2$ карбонатов, %

| Разрез | Горизонт | Глубина, см | Гумус | Азот | Фосфор | $CO_2$ карбонатов |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1475 | A | 0-10 | 0,19 | 0,016 | 0,065 | 5,28 |
| | BC | 11-21 | 0,17 | 0,012 | 0,054 | 6,16 |
| | $D_1$ | 45-55 | 0,17 | 0,017 | 0,060 | 8,47 |
| | $D_2$ | 105-115 | – | – | – | 7,12 |
| 1474 | $A_0$ | 0-10 | 0,21 | – | – | 4,52 |
| | $A_1$ | 10-16 | 0,20 | – | – | 4,44 |
| | BC | 20-30 | 0,15 | – | – | 5,78 |
| | $D_1$ | 50-58 | 0,21 | – | – | 6,62 |
| | $D_2$ | 65-75 | 0,17 | – | – | 3,35 |
| | $D_2$ | 110-120 | 0,14 | – | – | 3,85 |

Таблица 8

Механический состав пустынных песчаных почв (разрезы 874, 1974)

| Горизонт | Глубина, см | Размер фракций, мм; содержание, % | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | > 0,25 | 0,25–0,1 | 0,1–0,05 | 0,05–0.01 |
| $A_0$ | 0,4 | 11,8 | 26,9 | 30,6 | 21,2 |
| $A_1$ | 4–10 | 10,1 | 30,8 | 32,0 | 18,3 |
| $B_1$ | 20–30 | 11,0 | 33,5 | 31,5 | 15,1 |
| C | 50–60 | 14,6 | 37,3 | 32,8 | 9,4 |
| C | 90–100 | 22,8 | 37,1 | 33,9 | 3,2 |
| $A_0$ | 0–4 | 12,1 | 7,3 | 45,9 | 23,9 |
| $A_1$ | 4–12 | 15,4 | 9,8 | 41,5 | 20,6 |
| B | 15–25 | 11,9 | 9,9 | 44,0 | 20,5 |
| C | 40–50 | 13,4 | 9,5 | 46,2 | 17,6 |
| $D_1$ | 70–80 | 21,9 | 11,4 | 32,1 | 7,5 |
| $D_2$ | 110–120 | 44,5 | 9,6 | 28,6 | 3,3 |

Таблица 8 (окончание)

| Горизонт | Глубина, см | Размер фракций, мм; содержание, % | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,01–0,005 | 0,005–0,001 | < 0,001 | < 0,01 |
| $A_0$ | 0,4 | 3,6 | 4,1 | 1,8 | 9,5 |
| $A_1$ | 4–10 | 2,9 | 3,7 | 2,2 | 8,8 |
| $B_1$ | 20–30 | 2,2 | 3,9 | 2,8 | 8,9 |
| C | 50–60 | 1,4 | 2,1 | 2,4 | 5,9 |
| C | 90–100 | 0,6 | 0,8 | 1,6 | 3,0 |
| $A_0$ | 0–4 | 2,4 | 4,9 | 3,5 | 10,8 |
| $A_1$ | 4–12 | 2,9 | 4,7 | 5,1 | 12,7 |
| B | 15–25 | 2,9 | 6,0 | 4,8 | 13,7 |
| C | 40–50 | 2,9 | 6,0 | 4,4 | 13,4 |
| $D_1$ | 70–80 | 3,3 | 14,0 | 9,8 | 27,1 |
| $D_2$ | 110–120 | 3,8 | 3,8 | 6,4 | 14,0 |

Таблица 9

Содержание гумуса, азота, калия, фосфора и $CO_2$ карбонатов в пустынных песчаных почвах, %

| Разрез | Горизонт | Глубина, см | Гумус | Азот общий | Фосфор валовой | Калий валовой | Подвижные формы, мг/кг почвы | | $CO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | $K_2O$ | $P_2O_5$ | |
| 874 | $A_0$ | 0-4 | 0,34 | 0,028 | 0,095 | 1,87 | 282,0 | 25,2 | 5,32 |
| | $A_1$ | 4-10 | 0,25 | 0,016 | 0,093 | 1,99 | 268,0 | 13,0 | 5,22 |
| | B | 20-30 | 0,21 | 0,016 | 0,083 | 1,99 | 282,0 | 6,4 | 5,52 |
| | C | 50-60 | 0,16 | 0,013 | 0,055 | 1,87 | - | - | 5,17 |
| | C | 90-100 | 0,10 | 0,011 | 0,047 | 1,93 | - | - | 4,86 |
| | D | 110-120 | 0,12 | 0,010 | 0,029 | 1,45 | - | - | 9,93 |
| 1374 | $A_0$ | 0-9 | 0,52 | 0,032 | 0,083 | 1,88 | - | - | 5,11 |
| | B | 15-25 | 0,45 | 0,030 | 0,078 | - | - | - | 6,25 |
| | BC | 40-50 | 0,23 | 0,017 | 0,084 | - | - | - | 7,70 |
| | C | 70-80 | 0,23 | 0,016 | 0,060 | - | - | - | 6,28 |
| | D | 100-110 | 0,21 | - | 0,041 | - | - | - | 16,42 |
| 1674 | $A_0$ | 0-4 | 0,66 | 0,044 | 0,108 | 1,88 | - | - | 7,87 |
| | $A_1$ | 4-12 | 0,36 | 0,026 | 0,096 | 1,99 | - | - | 6,87 |
| | B | 15-25 | 0,22 | 0,017 | 0,070 | 2,14 | - | - | 8,12 |
| | C | 40-50 | 0,20 | 0,017 | 0,067 | 1,88 | - | - | 7,96 |
| | $D_1$ | 70-80 | 0,17 | 0,017 | 0,068 | 1,81 | - | - | 9,05 |
| | $D_2$ | 110-120 | 0,13 | 0,015 | 0,056 | 1,70 | - | - | 6,78 |
| 274 | $A_0$ | 0-4 | 0,58 | 0,038 | 0,086 | 1,93 | 311,0 | 31,8 | 5,47 |
| | $A_1$ | 4-10 | 0,39 | 0,029 | 0,076 | 2,29 | 311,0 | 19,2 | 5,42 |
| | B | 20-30 | 0,20 | 0,020 | 0,050 | 2,35 | 268,0 | 4,0 | 5,48 |
| | C | 50-60 | 0,17 | 0,015 | 0,044 | 2,35 | 121,0 | 2,6 | 7,45 |
| | D | 80-90 | 0,13 | 0,013 | 0,038 | 1,65 | - | - | 11,45 |

генное накопление карбонатов в верхнем горизонте ($A_0$) проявляется довольно ясно лишь при хорошем развитии растительности.

Наряду с описанными выше стадиями развития пустынных песчаных почв выделяется еще одна стадия – полноразвитые пустынные песчаные почвы. Эти почвы отличаются наличием хорошо выраженной полигонально-трещиноватой поверхности, серой, в нижней части крупнопористой корки мощностью 3–4 см, большей плотностью всего профиля и более прочной грубой структурой. В связи со слабым

Таблица 10

Механический состав полноразвитой пустынной песчаной почвы (разрез 1975)

| Горизонт | Глубина, см | Размер фракций, мм, содержание, % | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | >0,25 | 0,25–0,1 | 0,1–0,05 | 0,05–0,01 |
| $A_1$ | 0–3 | 4,8 | 25,0 | 53,8 | 9,8 |
| $A_2$ | 3–9 | 4,3 | 29,2 | 50,0 | 7,7 |
| B | 10–20 | 3,2 | 28,4 | 47,5 | 4,0 |
| C | 35–45 | 3,3 | 24,6 | 64,5 | 2,8 |
| $D_1$ | 65–75 | 3,0 | 23,0 | 42,4 | 6,1 |
| $D_2$ | 100–110 | 15,2 | 17,9 | 44,9 | 6,5 |
| $D_3$ | 120–130 | 36,6 | 15,2 | 34,1 | 4,0 |
| $D_4$ | 140–150 | 62,5 | 9,8 | 18,0 | 3,9 |

Таблица 10 (окончание)

| Горизонт | Глубина, см | Размер фракций, мм, содержание, % | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,01–0,005 | 0,005–0,001 | <0,001 | <0,01 |
| $A_1$ | 0–3 | 2,4 | 2,8 | 1,4 | 6,6 |
| $A_2$ | 3–9 | 3,1 | 3,4 | 2,3 | 8,8 |
| B | 10–20 | 1,4 | 5,8 | 9,7 | 16,9 |
| C | 35–45 | 1,6 | 3,2 | – | 4,8 |
| $D_1$ | 65–75 | 6,0 | 10,3 | 9,2 | 25,5 |
| $D_2$ | 100–110 | 4,0 | 3,0 | 8,5 | 15,5 |
| $D_3$ | 120–130 | 3,0 | 5,2 | 1,9 | 10,1 |
| $D_4$ | 140–150 | 2,3 | 2,3 | 1,2 | 5,8 |

Таблица 11

Содержание гумуса, азота, фосфора и $CO_2$ карбонатов в полноразвитых пустынных песчаных почвах, % (разрез 1975 )

| Горизонт | Глубина, см | Гумус | Азот общий | Фосфор валовой | $CO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $A_1$ | 0–3 | 0,27 | 0,020 | 0,082 | 5,81 |
| $A_2$ | 3–9 | 0,23 | 0,015 | 0,077 | 5,66 |
| B | 10–20 | 0,20 | 0,015 | 0,070 | 6,19 |
| C | 35–45 | 0,11 | 0,012 | 0,070 | 6,11 |
| $D_1$ | 65–75 | 0,15 | 0,012 | 0,053 | 10,14 |
| $D_2$ | 100–110 | 0,08 | – | 0,034 | 3,43 |
| $D_3$ | 120–130 | – | – | 0,020 | 0,66 |
| $D_4$ | 140–150 | – | – | 0,015 | 0,51 |

развитием эфемеров на таких почвах корешковатый горизонт у них почти не выражен. Горизонт $A_2$ мощностью 5–7 см, развитый под коркой, с буроватым оттенком, слегка уплотненный, с редкими корешками и ходами землероев.

Горизонт B с карбонатной цементацией, мощностью 15–20 см, светло–бурый, грубоструктурный, песчаный, на гранях разлома слабый карбонатный налет. Этот горизонт довольно хорошо перерыт землероями, стенки их ходов слабо окарбоначены. Эоловый нанос C, на котором развита эта почва, песчаный, слабоскелетный, книзу скелетность увеличивается. На глубине 50–100 см вскрывается погребенная серо–бурая почва ($D_1$) на пролювии ($D_2$).

В почвах явно проявляется утяжеление в горизонте B (табл.10). В эоловом наносе (горизонт C) преобладают песчаные фракции, содержание пылеватых фракций ничтожно, илистые частицы отсутствуют. По содержанию и распределению гумуса и азота эти почвы приближаются к серо–бурым (табл. 11). Четко проявляется в них и иллювиирование карбонатов.

Полноразвитые пустынные песчаные почвы являются связующим звеном между типами пустынных песчаных и серо–бурых почв, поскольку, имея явно эоловое происхождение в верхней части профиля, они обнаруживают некоторые черты серо–бурых почв. Это говорит в пользу высказанного Е.В. Лобовой (1960) положения о развитии автоморфных почв пустыни по типу серо–бурых.

Таким образом, в ландшафте пустынь констатируется динамика опесчанивания каменистых подгорных равнин с серо–бурыми почвами. Приведенные материалы свидетельствуют о том, что образование профиля серо–бурых почв на рыхлых наносах – процесс современный и идет относительно быстро.

## ЛИТЕРАТУРА

Кимберг Н.В. Почвы пустынной зоны Узбекистана. Ташкент, ФАН, 1974.
Лавров А.П. Почвы Заунгузья. – Проблемы освоения пустынь, 1969, №1.
Лобова Е.В. Почвы пустынной зоны СССР. М., Изд-во АН СССР, 1960.
Лобова Е.В. Основные особенности почвообразования в пустынях СССР и общие задачи их освоения. – В кн.: Земельно-водные ресурсы пустынь. Труды Второй Всесоюзной конференции по проблеме пустынь, Ашхабад, 1971.
Минашина Н.Г. Орошаемые почвы пустыни и их освоение. М., "Колос", 1974.

## ABSTRACT

Various age phases of sandy desert soils of Central Kysyl-Kum developed on the aeolian sands overlying the grey-brown soils, are considered. A gradual development of desert sandy soils towards the grey-brown ones is stated.

*Л.И. Сафонова, З.Ш. Шамсутдинов*

# ОСВОЕНИЕ ПУСТЫННЫХ ПОЧВ ПОД ЧЕРНОСАКСАУЛОВЫЕ ПАСТБИЩНЫЕ НАСАЖДЕНИЯ

Известно, что основу кормовой базы каракулеводства в республиках Средней Азии и в Южном Казахстане составляют естественные пастбища пустынь и полупустынь. Они пригодны к использованию в течение почти всего года и дают самые дешевые корма, однако урожайность их низка (1-3 ц/га воздушно-сухой массы), а питательность пастбищных кормов в различные годы и даже сезоны зависит от метеорологических условий года.

Урожай кормов на пастбищах различных типов и питательная ценность их могут быть в 2 раза выше или в 3-5 раз ниже, чем в среднем по урожайности году (Морозов, 1970; Нечаева, 1963). Некоторые массивы пустынных и полупустынных пастбищ обеднены в результате перевыпаса и вырубки кустарников и полукустарников на корм и топливо. К тому же в ближайшие годы значительные площади пастбищ будут освоены под орошаемое земледелие, что приведет к сокращению естественной кормовой площади.

Неудовлетворительное состояние пастбищ, уменьшение их площади при необходимости увеличения поголовья обусловливают необходимость интенсификации пастбищного хозяйства. Дальнейшее развитие каракулеводства, рост численности овец, улучшение качества продукции могут быть достигнуты только на основе коренного улучшения пастбищ.

Решение этой проблемы в условиях аридного климата очень сложно. Благодаря многолетней работе научных учреждений республик Средней Азии и Казахстана в настоящее время разработана система мероприятий по повышению продуктивности пастбищ. Составной частью этой системы является создание пастбищезащитных полос из черного саксаула.

Ценные хозяйственные качества черного саксаула давно обратили на себя внимание исследователей. Многие вопросы производительности, эксплуатации, возобновления черносаксаульников в естественных условиях получили освещение в работах ряда отечественных авторов. Однако до недавнего времени исследователи, концентрируя внимание в основном на использовании черного саксаула для укрепления песков, упускали из виду возможность применения этого растения для улучшения пустынных и полупустынных пастбищ.

В Узбекистане на возможность улучшения пастбищ черным саксаулом указал И.А. Кейзер (1948), а в Туркменистане - Н.Т. Нечаева и др. (1959). Впервые вопрос о создании пастбищезащитных

черносаксауловых насаждений в специфических условиях южных пустынь и полупустынь был поставлен во Всесоюзном научно-исследовательском институте каракулеводства Г.А. Сергеевой (1954б).

Положительная роль черносаксауловых полос на пастбищах пустынной зоны, как показали наблюдения и исследования, заключается в следующем. Черносаксауловые полосы ослабляют скорость ветра, хорошо задерживают снег и, транспирируя 4-6 тыс. т воды с 1 га, в течение вегетационного периода повышают относительную влажность приземного слоя воздуха. В результате создается более мягкий микроклимат, благоприятный для роста и развития травянистой растительности. Под защитой черносаксауловх полос в условиях более мягкого микроклимата полынно-эфемеровая растительность развивается лучше и продуктивность пастбищ с подветренной стороны черносаксауловых полос значительно повышается (Хаськина, 1958).

Саксауловая лесополса, задерживая семена эфемеров, приносимых ветром, обусловливает пышное развитие эфемеровой растительности, увеличивая урожай мелкотравья в самой полосе в 2-3 раза. Ассимиляционные побеги самого черного саксаула являются удовлетворительным кормом для овец и верблюдов в осенне-зимнее время, давая 5-10 ц/га сухой массы и до 2-3 ц/га семян. По данным И.С. Амелина (1943), в 100 кг воздушно-сухой массы черного саксаула содержится свыше 45 кормовых единиц. В общей сложности при создании пастбищезащитных полос черного саксаула урожай кормовой массы на единицу площади пустынных пастбищ увеличивается (за счет повышения урожая природных пастбищ под защитой лесополос и урожая самого саксаула) в 2-3 раза.

Саксауловая лесополоса, ослабляя скорость ветра, уменьшает обламывание и развевание ценных сухих кормовых растений, что обеспечивает лучшее сохранение подножного эфемерового корма в усохшем состоянии в течение длительного времени (Хаськина, 1958).

Роль черносаксауловых полос в пустыне не ограничивается только повышением урожайности пастбищ, они также являются надежным средством защиты овец от непогоды в знойное лето и зимой. Опыт показал, что в суровую и снежную зиму 1968/69 г. отары, находившиеся в черносаксауловых полосах, перезимовали значительно лучше, чем отары на открытых пастбищах.

Высокая продуктивность черного саксаула и его фитомелиоративное влияние на естественные пастбища пустынь объясняются эколого-биологическими особенностями этого растения.

Саксаул черный (Haloxylon aphyllum) - безлистный древовидный кустарник с ветвистым стволом высотой 3-4 м, в благоприятных условиях 6-9 м. Средняя продолжительность его жизни 35-45 лет (иногда до 60 лет), начинает вегетировать в конце марта - начале апреля. В апреле, в период интенсивного развития генеративных побегов, растение цветет. После окончания цветения, с середины апреля и до конца августа развитие генеративных побегов приостанавливается, происходит быстрый рост сочных темно-зеленых вегетативных

побегов. В это время у плодов разрастаются прозрачные крылатки, блестящие на солнце, центральная часть плода имеет гранатовую или нефритово-зеленую окраску. Обычно в середине октября крылатки темнеют, а центральная часть плода меняет окраску, становится бурой. Полное созревание плодов наступает во второй половине октября.

Саксаул черный начинает плодоносить с 4-6-летнего возраста (Леонтьев, 1946; Кокшара, 1957; Пашковский, 1959). Корневая система саксаула черного мощная и глубоко проникающая. Согласно данным М.П. Петрова (1933), корни саксаула черного в условиях Каракумов проникают на глубину 4-6 м. З.Ш. Шамсутдинов (1963, 1973) указывает, что в культуре корни саксаула черного к концу первого года вегетации проникают на глубину от 110 до 150 см, в возрасте 4 лет - на глубину 14 м. Таким образом, саксаул черный в культуре формирует мощную и глубоко проникающую корневую систему, использующую запасы влаги и минеральной пищи из большого объема почво-грунта.

Наиболее типичными условиями естественного местообитания являются долинообразные понижения грядовых песков, котловины бугристых песков, долины и русла старых рек, часто с относительно близкими грунтовыми водами, залегающими на глубине от 2-4 до 12 м.

Чтобы правильно освоить пустынные земли под посевы черного саксаула, надо хорошо знать его агротехнику и экологию. С этой целью в течение 1965-1975 гг. проводилось обследование почв под черным саксаулом на лесополосах. Материалы этих исследований представлены в табл. 1.

Черный саксаул А.А. Шахов (1956) относит к эугалофитам, или соленакапливающим галофитам. Для нормального роста и развития черного саксаула, по А.А. Шахову, необходимо, чтобы почва была в определенной степени засолена. Этот вывод А.А. Шахов сделал на основании результатов вегетационных опытов С.Н. Кокиной (1938), С.Н. Кокиной и З.Т. Поповой (1940), показавших, что при наличии в почвенном растворе определенного количества солей (до 2%) рост и развитие черного саксаула улучшаются. Указанные авторы в результате изучения влияния различных солей и их концентрации на прорастание семян и рост растений черного саксаула пришли к выводу, что различные соли по-разному влияют на всхожесть и энергию прорастания семян черного саксаула. Наиболее сильное отрицательное влияние на прорастание семян и развитие проростков оказывает хлористый натрий и наименьшее - сульфаты. Предельной концентрацией, выше которой прекращается прорастание семян черного саксаула, является 2,5-3,0% для хлористого натрия и 6% для сернокислого натрия.

Исследования солеустойчивости черного саксаула С.И. Кокина и З.Т. Попова проводили в вегетационных сосудах на Репетекской пустынно-песчаной станции. В природных условиях влияние засоленности почвы на рост и развитие черного саксаула экспериментально почти не исследовано.

Таблица 1

Характеристика засоления почво-грунтов под черным саксаулом

| Номер и местоположение разреза | Сухой остаток, % | | | Тип, подтип или вид почвы | Индекс |
|---|---|---|---|---|---|
| | до 20 см | 0–100 см | 0–200 см | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Засоленные почво-грунты; солончаковые и солончаковатые почвы | | | | | |
| Сульфатный тип засоления | | | | | |
| Разрез 11. Плато Капланкыр (Лобова, 1961) | 0,03 | 1,125 | – | Песчаная пустынная примитивная | + |
| Разрез 3. Юго-Западные Кызылкумы, урочище Маятюба (данные Сафоновой) | 0,13 | 0,78 | 1,07 | Серо-бурая гипсоносная | + |
| ферганская долина (Розанов, 1938) | – | 2,2 | 1,62 | Светлый серозем гипсоносный | + |
| Хлоридно-сульфатный тип засоления | | | | | |
| Разрез 407. Дельта р. Или (Литвинова, 1958) | 0,05 | 0,54 | 0,54 | Такырная солончаковатая | + |
| Юго-Западные Кызылкумы (Данилин, 1969) | 0,05 | 0,54 | 0,54 | Песок | + |
| Сульфатно-хлоридный тип засоления | | | | | |
| Разрез 30. Узбой (Лобова, 1961) | 0,15 | 0,80 | 0,60 | | |
| Хлоридный тип засоления | | | | | |
| Карнабчульский пастбищный массив (данные Сафоновой) | 0,14 | 0,94 | | | ++ |

Таблица 1 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Хлоридно-сульфатные слои, чередующиеся с сульфатно-хлоридными | | | | | |
| Разрез 98. Госплемзавод "Карнаб", урочище Таничка (данные Сафоновой) | 0,05 | 0,05 | 0,53 | Светлый серозем глубокозасоленный (в нижних слоях сухой остаток до 1,14%) | + |
| Разрез 314. Сырдарьинский лесхоз (данные Сафоновой) | 0,12 | 0,06 | 0,14 | Светлый серозем глубокозасоленный (на глубине 2 м содержится 2,1% солей) | |
| Разрез 237. Низовье р. Чу (Никитин, 1966) | 0,83 | 0,47 | – | Такыровидная солончаковая | + |
| Сульфатные слои, чередующиеся с хлоридно-сульфатными | | | | | |
| Горы Кульджуктау | 0,05 | 1,29 | – | Серо-бурые | + |
| Юго-Западные Кызылкумы (Саидов, Момотов, 1973) | 0,025 | 1,43 | – | (пролювий, аллювий) | |
| Разрез 85. Юго-Западные Кызылкумы (данные Сафоновой) | 0,15 | 0,14 | 0,13 | Серо-бурая (на глубине 188-200см сухой остаток до 0,65%) | |
| Разрез 91. Карнабчуль, урочище Таничка (данные Сафоновой) | 0,10 | 0,65 | 1,36 | Светлый серозем гипсоносный | |

Таблица 1 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Сульфатные слои, чередующиеся с сульфатно-хлоридными | | | | | |
| Разрез 315. Джизакская обл., Зааминский район (данные Сафоновой) | 0,19 | 0,11 | 0,50 | Светлый серозем | ++ |
| Карнабчуль, урочище Ярмачи (данные Сафоновой) | 0,14 | 0,34 | 0,65 | То же | ++ |
| Солончаки | | | | | |
| Сульфатный тип засоления | | | | | |
| Разрез 88. Узбой (Лобова, 1961) | 1,19 | – | – | | + |
| Разрез 451 Ш. Северо-Устюртский район, Джарынкудук (Нагорная, 1949) | 1,49 | 1,59 | – | Солончаково-гипсовые почвы саксаульников | |
| Разрез 307. Шафриканский лесхоз (данные Сафоновой) | 3,25 | 2,49 | – | Солончак луговой | + |
| Хлоридно-сульфатный тип засоления | | | | | |
| Разрез 105. Карнабчуль, Шорсай, (данные Сафоновой) | 1,30 | 2,06 | 2,16 | Солончак сазовый | + |
| Разрез 104. Карнабчуль, Шорсай (данные Сафоновой) | 1,58, | 1,89 | 1,99 | То же | + |
| Сульфатно-хлоридный тип засоления | | | | | |
| Разрез 41. Долина Узбоя, Ясхан-Топиатан-Дехгинские террасы (Лобова, 1961) | 1,4 | 0,51 | 0,25 | Солончак луговой | + |
| Хлоридный тип засоления | | | | | |
| Разрез 304. Каракульский лесхоз, урочище Ходжа-Давлят (данные Сафоновой) | 6,6 | 3,75 | – | Солончак сазовый | – |

Таблица 1 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Разрез 351. Карнабчуль, Шорсай (данные Сафоновой) | 7,17 | 3,89 | 2,84 | Солончак сазовый | – |
| Разрез 352. Карнабчуль, Шорсай (данные Сафоновой) | 5,63 | 4,02 | 3,54 | То же | – |
| Хлоридно-сульфатные слои, чередующиеся с сульфатно-хлоридными | | | | | |
| Разрез 88. Узбойский коридор (Лобова, 1961) | 1,74 | 0,92 | 0,54 | Солончак луговый | + |
| Разрез 350. Карнабчуль, Шорсай (данные Сафоновой) | 3,71 | 2,16 | 1,82 | Солончак сазовый | + |
| Сульфатные слои, чередующиеся с хлоридно-сульфатными | | | | | |
| Разрез 8017. Джанадарья (Боровский, Погребинский, 1958) | 1,15 | 1,03 | 0,641 | Такыровидная солончаковая | + |
| Незасоленные почво-грунты | | | | | |
| Разрез 8227. У русла Джанадарьи (Кимберг, 1974) | 0,09 | 0,13 | 0,10 | Такыровидная | + |
| Разрез 14. Юго-Западные Кызылкумы, в 30 км от г. Учкудук (данные Сафоновой) | 0,05 | 0,07 | 0,05 | Песчаная пустынная | – |
| Разрез 1000. Совхоз "Улус". Повышенное предгорье, склоновая часть (данные Сафоновой) | 0,05 | 0,04 | 0,04 | Светлый серозем (лёсс) | – |

Таблица 1 (окончание)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Разрез 1001. Самаркандская обл., совхоз "Улус". Холмистое предгорье, повышенная часть (данные Сафоновой) | 0,05 | 0,05 | 0,05 | Светлый серозем (лёсс) | - |
| Разрез 1002. Там же | 0,05 | 0,03 | 0,04 | То же | - |

Примечание. ++ - высокая выживаемость и кормовая продуктивность черного саксаула; + - средняя выживаемость и кормовая продуктивность; - почвы, не пригодные для выращивания саксаула.

Нами были изучены типы, подтипы и виды почв под взрослым черным саксаулом, типы засоления почв и солеустойчивости растения в природных условиях (табл. 1). На изучавшихся почвах содержание солей в корке или пахотном слое (0-20 см) доходило до 7,17% сухого остатка.

Почвы и почво-грунты в пустыне под черным саксаулом по содержанию солей делятся на засоленные и незасоленные (табл. 1).

Лучшие земли для черного саксаула - засоленные почво-грунты: солончаки, солончаковые, солончаковатые и глубокозасоленные. Однако для черного саксаула есть предел засоления. Так, были изучены почво-грунты хлоридного типа засоления с содержанием солей в верхнем слое от 5,63 до 7,17%, в слое 0-100 см - от 3,75 до 4,0% и в слое 0-200 см - от 2,84 до 3,54%. На таких почво-грунтах черный саксаул не растет. Весной появляются всходы, которые затем гибнут (табл. 1). Анализируя данные табл. 1, следует отметить, что черный саксаул растет на почвах разного типа засоления: сульфатного, хлоридно-сульфатного, сульфатно-хлоридного, хлоридного.

Черный саксаул выдерживает следующие пределы сульфатного засоления (табл. 1): сухой остаток в корочке или верхних 0-20 см составляет от 0,03 до 0,13%, в слое 0-100 см - от 0,78 до 2,20% и в слое 0-200 см - от 1,07 до 1,62%.

Черный саксаул выдерживает и хлоридно-сульфатное засоление в следующих пределах: сухой остаток (в верхнем слое содержит солей от 0,05 до 0,09%, в толще 0-100 см - от 0,04 до 0,54% и в толще 0-200 см - до 0,54%.

Черный саксаул выдерживает сульфатно-хлоридное засоление в пределах, когда в верхем слое солей содержится до 0,15%, в слое 0-100 см - до 0,80 и в слое 0-200 см - до 0,60%.

Черный саксаул выдерживает хлоридное засоление почво-грунтов при содержании солей до 0,14% в верхнем слое и до 0,94% в метровой толще.

Исследования показали, что засоление почво-грунтов является одним из условий существования черного саксаула в аридной зоне. Однако черный саксаул произрастает и на незасоленных почво-грунтах. Он встречается местами не незасоленных почво-грунтах в жестких почвенно-климатических условиях при содержании солей 0,1% и больше (сухой остаток).

Почвы под черным саксаулом определены как серо-бурые пустынные песчаные, такыры, светлые сероземы и солончаки. Из приведенного в табл. 1 материала видно, что черный саксаул произрастает не на всех почвах.

Немаловажную роль в жизни черного саксаула играют грунтовые воды. По химическому составу грунтовая вода под черным саксаулом самая разная, с сульфатными, хлоридно-сульфатными, сульфатно-хлоридными и хлоридными солями. Сумма водорастворимых солей (сухой остаток) составляет от 2,03 до 16,88 г/л. Под саксаулом грунтовые воды находятся на разных глубинах. В почво-грунтах с глубиной грунтовых вод 2-3 м водный режим определяется атмосферными осадками и грунтовыми водами. Развитие черного саксаула в таких условиях наилучшее.

Имеются большие площади земель, где грунтовые воды залегают глубоко и корни саксаула до них не доходят. Условия произрастания черного саксаула здесь гораздо хуже.

Водные свойства почво-грунтов в аридных условиях во многом зависят от механического состава. Слоистый (суглинки переслаиваются песками, дресвяными слоями) грунт, разнородный по механическому составу, лучше обеспечен влагой и благоприятен для саксаула (Сафонова, Шамсутдинов, 1972; Сафонова, Герасимова, 1975).

Таким образом, отношение саксаула к механическому составу почво-грунтов, водному, солевому, воздушному режимам, т.е. в целом к почвенной среде, составило основу почвенного районирования, на основании которого разработана карта лесорастительных условий для черного саксаула.

Пастбищезащитные лесные полосы состоят из основных (продольных) и вспомогательных (поперечных). Основные лесные полосы выполняют главную ветрозащитную роль на пустынных пастбищах, а вспомогательные служат для разграничения пастбищ на выпасные участки.

Основные (продольные) пастбищезащитные полосы закладывают перпендикулярно направлению господствующих ветров на расстоянии 250-300 м при равнинном рельефе на сероземах и серо-бурых почвах с благоприятными гидрологическими условиями (уровень залегания грунтовых вод 5-4 м); 100-150 м на участках с глубоким залеганием грунтовых вод. В продольных полосах оставляют интервалы шириной 15-30 м через 500-600 м. Поперечные полосы

закладывают на пастбищах через 1000–2000 м. Ширина пастбище-защитных полос из черного саксаула должна быть до 25 м.

Важное значение в комплексе агротехнических приемов выращивания черного саксаула имеет правильная подготовка почвы к посеву: это в основном вспашка на глубину 20–22 см. Доброкачественная пахота способствует большему накоплению влаги и более длительному ее сохранению, При пахоте улучшаются не только водный и воздушный режимы, но и питательный режим почвы. Лучшие сроки пахоты – осенне-зимний период, после выпадения дождей и промачивания почвы на глубину вспашки.

Соблюдение оптимальных сроков посева черного саксаула обеспечивает получение желаемой полноты всходов. Исследованиями ВНИИК и производственной практикой установлено, что посев целесообразно проводить в зимние сроки – с середины декабря до середины февраля.

Специальными исследованиями ВНИИК (Шамсутдинов и др., 1963) установлена оптимальная глубина заделки семян черного саксаула, составляющая 0,5–1 см. При этом создаются лучшие условия для прорастания семян, предупреждается растаскивание их насекомыми и птицами, унос ветром. Семена заделывают путем послепосевного прикатывания катками. Прикатывание следует проводить сразу же после посева семян, а еще лучше – одновременно с севом, включив каток в один агрегат с сеялкой или тракторной тележкой, приспособленной для посева.

При посеве черного саксаула необходимо установить оптимальную норму высева и густоту стояния растений. Оптимальная норма высева необескрыленными семенами первого класса составляет 5 кг/га, второго класса – 8–10 кг/га. Норма высева обескрыленных семян составляет 2,0–2,5 кг/га. Исследованиями ВНИИК и практикой каракулеводческих хозяйств установлено, что оптимальной густотой стояния черного саксаула является 500–1000 деревьев на 1 га. При такой густоте лучше всего проявляется защитная роль саксаула, в полосе хорошо развиваются эфемеры и однолетние солянки, что обеспечивает наивысшую кормовую производительность каждого гектара пустынных пастбищ. Чрезмерная загущенность саксаула через 4–5 лет приводит к образованию сомкнутой кроны, к сплошному затенению и исчезновению под пологом черносаксауловых насаждений эфемеров и солянок. Кормовая и фитомелиоративная ценность насаждений с сомкнутой кроной низка. Поэтому одним из важных условий повышения кормовой производительности пустынных пастбищ является обеспеченность оптимальной густоты черносаксаульника.

Прореживание необходимо проводить во второй–третий годы жизни саксаула, добиваясь при этом равномерного распределения деревьев. При густоте стояния 500–1000 деревьев на 1 га и равномерном их распределении площадь питания каждого дерева составляет 12,5–20 м$^2$. В загущенных насаждениях 5–10-летнего возраста также следует провести прореживание, оставляя на каждом гектаре 500–1000 кустов. При этом часть кустов выкорчевывают, а часть

Таблица 2

Экономическая эффективность пастбищезащитных полос из черного саксаула в пустынной зоне (на примере госплемзавода "Карнаб" Самаркандской обл. УзССР)

| Показатель | Естественные полынно-эфемеровые пастбища до создания пастбищных защитных полос | Типы пастбищезащитных полос | | |
|---|---|---|---|---|
| | | черносаксауловые с полынью и эфемерами | черносаксауловые с изенем и эфемерами | черносаксауловые |
| Площадь пастбищ, га | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Урожай воздушно-сухой кормовой массы, ц/га | 3,6 | 10,4 | 18,9 | 16,9 |
| Стоимость валовой продукции, руб. | | | | |
| на одну структурную овцу | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 |
| на 1 га | 9,28 | 26,94 | 49,18 | 44,08 |
| Производственные затраты, руб. | | | | |
| на одну структурную овцу | 15,80 | 15,66 | 16,25 | 15,92 |
| на улучшение пастбищ | - | 0,36 | 0,95 | 0,62 |
| на 1 га | 6,20 | 18,32 | 34,45 | 30,24 |
| Доход на 1 га | 3,08 | 8,62 | 14,73 | 13,84 |
| Чистый доход на 100 га, руб. | 308 | 862 | 1473 | 1384 |

сохраняют для пастбищного использования, оставляя часть растения на 30-40 см от поверхности земли.

Создание пастбищезащитных полос из черного саксаула в каракулеводческих хозяйствах пустынной зоны экономически выгодно (табл. 2). Урожай воздушно-сухой кормовой массы естественных полынно-эфемеровых пастбищ составляет 3,6 ц/га. После создания на этих землях пастбищезащитных полос из черного саксаула в смеси с полынью, изенем, кейреуком, чогоном и эфемерами урожай кор-

мовой массы возрастает до 10,4–18,9 ц/га. В связи с повышением урожайности пастбищ в результате создания пастбищезащитных полос чистая прибыль, получаемая со 100 га пастбищ, резко возрастает. Так, со 100 га естественных пастбищ чистая прибыль составляет 308 руб., а на улучшенных пастбищах – от 862 до 1473 руб. Эти цифры ясно показывают высокую экономическую эффективность и целесообразность создания пастбищезащитных полос в зоне пустынь. Срок окупаемости капитальных вложений на создание пастбищезащитных полос из черного саксаула – 3–5 лет. После возмещения затрат пастбищезащитные полосы из черного саксаула сохраняют высокую продуктивность в течение 30–35 лет.

Высокая экономическая эффективность и хозяйственная целесообразность дали основание перейти от опытных посевов черного саксаула к производственным в каракулеводческих хозяйствах Узбекистана. Впервые производственные посевы черного саксаула в Узбекистане были осуществлены в 1956 г. в госплемзаводе "Карнаб" на площади 400 га. В последующие годы в этом хозяйстве были созданы пастбищезащитные полосы из черного саксаула на площади 10,5 тыс. га, которые защищают свыше 35 тыс. га пастбищ.

Широкое внедрение метода создания пастбищезащитных полос в практику каракулеводческих хозяйств Узбекистана было осуществлено в 1961–1965 гг. под руководством отдела кормопроизводства ВНИИК. В госплемзаводах "Нишан", "Мубарек", "Кенимех", совхозах "Улус", "Ленинчи-арводар" и других хозяйствах республики были заложены пастбищезащитные полосы из черного саксаула на больших площадях.

В 1966–1972 гг. в Узбекистане были созданы пастбищезащитные полосы на площади 200 тыс. га, которые защищают свыше 500 тыс. га естественных кормовых угодий в каракулеводческих хозяйствах пустынной зоны.

Правильное размещение пастбищезащитных полос и кормовых растений позволит значительно повысить эффективность работ по улучшению пастбищ в каракулеводческих хозяйствах.

ЛИТЕРАТУРА

Амелин И.С. Пастбищеобороты в каракулеводстве Средней Азии. Самарканд, Изд-во АН УзССР, 1943.

Боровский В.М., Погребинский А.М. Древняя дельта Сыр-Дарьи и северные Кызылкумы, т. 1,2. Алма-Ата, 1958.

Генкель П.А., Шахов А.А. Экологическое значение водного режима некоторых галофитов. – Бот. ж., 1945, № 4.

Данилин А.Л. Лесорастительные условия песков Центральной ферганы и методы их закрепления и облесения. Канд. дисс. Ташкент, 1969.

Кейзер И.А. Черный саксаул как пастбищное растение пустынной зоны. – Докл. АН УзССР, 1948, № 3.

Келлер Б.А. Экология растений и борьба земледелия с засолением почв и засухой. – В кн.: Итоги работ сельскохозяйственных опытных учреждений Среднечерноземной области. Воронеж, 1923.

Кимберг Н.В. Почвы пустынной зоны Узбекской ССР. Ташкент, "фан", 1974.
Кокина С.И. Влияние различных солей и их концентрации на прорастание семян и развитие всходов саксаула. – Бот. ж., 1938, т. 23, № 4.
Кокина С.Н., Попова З.Т. Влияние засоленности и увлажнения песка на развитие и устойчивость всходов кустарников и деревьев Каракумской пустыни. – Бот. ж., 1940, т. 25, № 6.
Кокшарова Н.Е. Естественное семенное возобновление черного саксаула в искусственных насаждениях Шафриканского лесхоза. – Бюлл. науч.-техн. конференции Среднеазиатского НИИЛХ, вып. III. Ташкент, 1957.
Леонтьев В.Л. Плодоношение саксаулов. – Изв. Туркм. ФАН СССР, 1946, № 1.
Литвинова А.А. Некоторые особенности такыровидных почв низовий р. Или. – Изв. АН КазССР, 1958, вып. 3.
Лобова Е.В. Почвы пустынной зоны СССР. М., Изд-во АН СССР, 1960.
Морозов Н.Л. Новые пути и методы укрепления кормовой базы каракулеводства. Автореф. докт. дисс. М., 1970.
Нагорная В.И. Солончаково-гипсовые почвы саксаульников Устюрта. – Бюлл. САГУ, вып. 27. Ташкент, 1949.
Нечаева Н.Т., Пельт Н.Н. Кормовая база овцеводства в пустынной зоне Средней Азии и Казахстана. – В кн.: Природные условия, животноводство и кормовая база пустынь. Ашхабад, Изд-во АН Туркм.ССР, 1963.
Нечаева Н.Т., Приходько С.Я. и др. Опыт улучшения пустынных пастбищ в Туркменистане. Ашхабад, Изд-во АН Туркм.ССР, 1959.
Никитин С.А. Древесная кустарниковая растительность пустынь СССР. М., "Наука", 1966.
Пашковский К.П. Биолого-экологические особенности черного саксаула и агротехника посева его семян в Казахстане. – Труды Каз.н.-и. ин-та, лесн. хоз-ва, вып. 2. Алма-Ата, 1959.
Петров М.П. Корневые системы растений песчаной пустыни Кара-Кум, их распределение и взаимоотношения в связи с экологическими условиями. – Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Серия 1. Систематика, география и экология растений. Л., 1933.
Петров М.П. Подвижные пески и борьба с ними. М., Госиздат, 1950.
Рихтер А.А. Физиологические основы устойчивости растений. К вопросу о солеустойчивости. – Журн. оп. орг. Юго-Востока, 1927, т. 3, вып. 2.
Розанов А.Н. Пески ферганской долины. – Труды Почв. ин-та им. В.В.Докучаева, т. 17, сб. работ сектора песков и пустынь, 1938.
Саидов Д.К., Момотов И.Ф. и др. Инструкция по фитомелиорации пастбищ Юго-Западного Кызылкума. – Информационное сообщение, № 71. Ташкент, ФАН, 1973.
Сафонова Л.И., Герасимова М.И. Пустынные почвы легкого механического состава и их микроморфология. – Проблемы освоения пустынь, 1974, № 1.
Сафонова Л.И., Шамсутдинов З.Ш. Влияние почвенно-грунтовых условий на рост и развитие черного саксаула в Юго-Западных Кызылкумах. – Проблемы освоения пустынь, 1972, № 1.
Сергеева Г.А. Из опыта улучшения пастбищ глинистой пустыни Средней Азии. – Каракулеводство и звероводство, 1954, № 4.
Шамсутдинов З.Ш. Рост и развитие растений черного саксаула в первый год жизни в условиях производственных посевов. – Труды Ин-та каракулеводства, т. 12, Самарканд, 1963.

Шамсутдинов З.Ш., Ширинская В.Н. и др. Заделка семян – обязательный агротехнический прием при улучшении каракулеводческих пастбищ. – Труды Ин-та каракулеводства, т. 13. Самарканд, 1963.
Шахов А.А. Солеустойчивость растений. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1956.
Хаськина З.Е. Изменение полынно-эфемеровой растительности Карнаб-Чуля под влиянием черносаксауловых лесополос. Самарканд, 1958.

## ABSTRACT

Possibilities of black Haloxylon cultivation on various soils and sediments are discussed. The best conditions for black **Haloxylon** growth are looked for, taking into account its requirements to soil salinity and soil moisture reserves. Protective belts composed of Haloxylon are suggested to be planted. They proved to be effective because of microclimatic conditions within them, favourizing the development of productive Artemisia – ephemeral vegetation. Besides, the black **Haloxylon** itself may be utilized as forage for sheeps and camels in autumn and winter. Black Haloxylon grows on soils, which are not used for irrigation.

*И.М. Островский*

# ПЕСКИ ОБРУЧЕВСКОЙ СТЕПИ В ЗОНЕ КАРАКУМСКОГО КАНАЛА И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ОСВОЕНИЯ

В последние годы ведутся большие работы по изысканию новых земель, пригодных для орошения. В этом плане нами под руководством В.Н. Кунина проводились геоморфологические исследования песчаного рельефа полосы левобережья Каракумского канала. На севере полоса ограничена каналом, на западе – глубоко расчлененной третичной эоловой равниной, на востоке – Керкинским оазисом, а на юге она переходит в пролювиальную подгорную равнину Парапамиза-Карабиль.

Исследованный нами район Обручевской степи сложен аллювиально-дельтовыми отложениями средне- и верхнечетвертичного возраста. Эти отложения представлены тонкозернистыми супесями и песками с прослоями суглинков и глин. На части территории они перекрыты маломощными эоловыми наносами. Дельтовый генезис Обручевской степи хорошо доказан многочисленными исследователями (Богданова, 1960; Дубровкин 1949; Кунин, Мурзаев, 1955).

Дельтовое происхождение Обручевской степи устанавливается не только по характеру отложений, но и морфологически: по многочисленным сухим протокам и разделяющим их водораздельным грядам. Протоки прикрыты песком или заняты шорами, которые приурочены к бывшему северо-западному окончанию северных афганских рек. Юго-восточная часть Обручевской степи и в настоящее время состоит из большого числа аналогичных шоровых понижений, которые продолжают питаться засоленными грунтовыми водами афганских рек.

С северной стороны, в направлении от головы канала, на 50 км протянулся Керкинский оазис. С западной и южной его стороны расположена пустыня.

Изучение рельефа в целях использования территории под орошение начато с 50-го километра и закончено на 176-м километре за пос. Ничка (длина полосы 126 км, ширина около 3 км). Исследованиями охвачена площадь примерно 3000-3500 км$^2$, что приблизительно соответствует 30-35 тыс. га.

Исследование рельефа было проведено методом нивелировочных ходов, с расстоянием между ними в 3 км. Таким образом, каждый профиль характеризовал рельеф на протяжении 1,5 км по обе стороны от него. Всего был заложен 41 профиль (табл. 1). В результате анализа нивелировочных профилей выявлено, что наряду с преобладающими профилями, повышающимися от уреза воды в кана-

Таблица 1

Характеристика нивелировочных профилей

| № профиля | Расстояние от головного сооружения, км | Длина профиля, м | Максимальная высота над урезом воды канала, м | | Примечания |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | положительная | отрицательная | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 51-52 | 1500 | 17,0 | - | |
| 2 | 54-55 | 2000 | 7,6 | - | |
| 3 | 57-58 | 3000 | 20,0 | - | |
| 4 | 61-62 | 1900 | 1,0 | - | Понижающийся |
| 5 | 64-65 | 2300 | 11,2 | - | |
| 6 | 67-68 | 2300 | 2,0 | 20,0 | То же |
| 7 | 70-71 | 1300 | 3,6 | 20,8 | Барханный массив |
| 8 | 74-75 | 1800 | 20,0 | - | |
| 9 | 77-78 | 2600 | 22,4 | - | |
| 10 | 80-81 | 2300 | 12,0 | 4,0 | |
| 11 | 83-84 | 2100 | 21,6 | | То же |
| 12 | 86-87 | 2500 | 1,0 | 18,0 | Понижающийся |
| 13 | 89-90 | 2000 | 1,0 | 34,4 | То же |
| 14 | 92-93 | 2000 | 10,0 | - | Барханный массив |
| 15 | 95-96 | 2000 | 6,0 | 27,2 | Понижающийся |
| 16 | 98-99 | 2500 | 8,4 | - | |
| 17 | 101-102 | 1900 | 8,4 | - | |
| 18 | 103-104 | 1700 | 11,2 | - | |
| 19 | 105-106 | 2500 | 12,0 | - | |
| 20 | 108-109 | 2200 | 12,0 | - | |
| 21 | 111-112 | 2000 | 16,4 | - | |
| 22 | 114-115 | 2000 | 11,2 | - | |
| 23 | 117-118 | 1950 | 28,0 | - | |
| 24 | 120-121 | 2150 | 20,0 | - | |
| 25 | 123-124 | 2300 | - | 22,0 | То же |
| 26 | 126-127 | 2200 | - | 21,6 | " |
| 27 | 130-131 | 1900 | 30,4 | - | |
| 28 | 133-134 | 2000 | 22,4 | - | |
| 29 | 136-137 | 1950 | 24,0 | - | |
| 30 | 139-140 | 2100 | 32,4 | - | |
| 31 | 142-143 | 1950 | 22,8 | - | |
| 32 | 145-146 | 2000 | - | 20,4 | " |

Таблица 1 (окончание)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 33 | 148-149 | 2100 | 26,0 | - | |
| 34 | 151-152 | 2000 | - | 17,2 | " |
| 35 | 154-155 | 2000 | 16,0 | - | |
| 36 | 158-159 | 1900 | 30,0 | - | |
| 37 | 161-162 | 2300 | 22,8 | - | |
| 38 | 164-165 | 1750 | 21,6 | - | |
| 39 | 167-168 | 1650 | 15,2 | - | |
| 40 | 170-171 | 1700 | 20,0 | - | |
| 41 | 173-174 | 1800 | - | 10,0 | " |

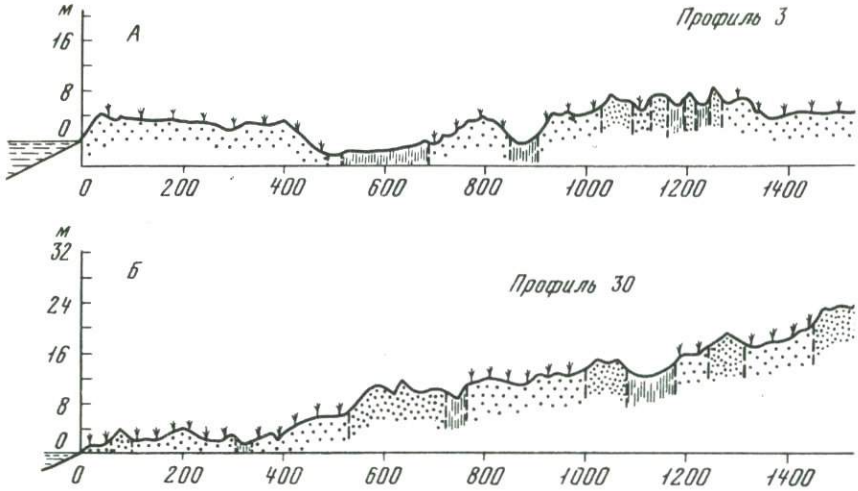
ле (профиль 31), есть и понижающиеся (профиль 10). Последние через несколько километров начинают постепенно повышаться к югу, как и первые (рис. 1).

Нивелировка показала, что характерной чертой рельефа приканальной полосы является непрерывное чередование положительных и отрицательных перегибов. Максимальное положительное повышение местности над урезом воды канала, откуда должна поступать вода для полива, достигает 32,4 м (профиль 30), тогда как величина отрицательного превышения доходит до 34,4 м (профиль 13).

Исследованная территория характеризуется заросшими грядово-котловинными формами рельефа; массивы барханных цепей незначительны по количеству и по площади. Эти гряды, разделявшие многочисленные дельтовые протоки, сложены аллювием и выполняли роль узких водоразделов для протекавших и блуждавших здесь некогда потоков. "Водоразделы" - гряды и расположенные между ними понижения - "русла" сужаются, расширяются, петляют, иногда происходит бифуркация.

Межгрядовые понижения рассматриваемого района разделены на котловины низкими и пологими перемычками, в прошлом представлявшими собой перекаты. Котловины сильно различаются по конфигурации и по площади. Межгрядовые понижения восточной части шириной 100-300 м (редко более 500 м) очень часто заняты солончаками с сухой поверхностью наподобие такырной; иногда они влажные, мокрые, реже с неглубоким слоем воды. Шоровый характер понижений еще более подчеркивается выступившими из почвы кристаллами солей, которые узкой белой полосой окаймляют понижения. Иногда солевая оторочка замещена бордюром из солянковой и тамарисковой растительности, которая в этом случае распространяется и на нижние части склонов водораздельных гряд.

Высота гряд на востоке колеблется от 4 до 8 м. Склоны гряд пологие, с характерными для них "язвами" дефляции и небольшими




котловинами выдувания. Их длинная ось, так же как и у гряд, вытянута с северо-запада на юго-восток.

Котловины межгрядовых понижений западной части приканальной полосы уже восточной, их ширина 30-60 м. Площадь их и конфигурация, так же как и на востоке, разнообразны. Относительная высота гряд не превышает 3-4 м (редко 5-6 м). Характерной особенностью рельефа этой части полосы является наличие еще более многочисленных котловин выдувания различной площади и "язв" дефляции, а также наличие барханов на вершине гряд. По мере движения на запад все реже встречаются шоровые и такырные понижения, часто прикрытые с поверхности маломощным слоем песка. Поэтому приканальную полосу Обручевской степи можно подразделить на две части - восточную, более шоровую, и западную, значительно опесчаненную. Граница раздела проходит между Часкаком и Карамет-Ниязом.

Остановимся подробнее на современной работе ветра по формированию скульптуры эолового рельефа в Обручевской степи. Детальное знакомство с одним из элементов рельефа - вершинами грядово-котловинных форм - показало, что почти все они подвергаются в последние годы дефляции. Этот процесс является следствием чрезмерного увеличения выпаса овец, что приводит к сильному вытаптыванию поверхности и уничтожению растительности. Особенно страдают вершинные поверхности, где скорости ветра сильнее, чем в котловинах, и растительности меньше. Поэтому их более оголенная поверхность легко становится ареной воздействия активных скоростей ветра[1]. В процессе выдувания мелкозема на вершинах накапливаются песчаные частицы, из которых образуются перпендикулярные

[1] Активными скоростями ветра мы называем скорости от 5 м/сек на высоте флюгера.




Рис. 1. Отдельные профили рельефа прикаспийской полосы Обручевской степи

*А* – повышающиеся; *Б* – понижающиеся. 1 – пески грядово-котловинных форм; 2 – обарханенные вершины гряд с перевеянным песком; 3 – шоры; 6 – псаммофитовая растительность

ветру эоловые формы – барханы и барханные цепи (Островский, 1960).

Ю.С. Новиков, работавший в 40-х годах в Обручевской степи и хорошо знакомый с ее рельефом, нигде не пишет об обарханенности вершин гряд. Как отмечают местные жители, это нарушение в рельефе гряд появилось за последние 25-30 лет.

Другие, более заросшие, чем вершины, элементы рельефа – склоны гряд, перемычек и межгрядовые понижения – испещрены, как оспинами, котловинами выдувания и "язвами" дефляции. Эти элементы рельефа расположены в более низком, приземном воздушном слое, с меньшими скоростями ветра (чему способствует и растительность). Они имеют всегда одну более длинную ось, параллельную преобладающим направлениям ветров. В данном случае длинная ось ориентирована с северо-запада на юго-восток, так же ориентированы и гряды грядово-котловинного рельефа (Островский, 1966).

Что касается самих гряд, эрозионное происхождение которых показано выше, то они только местами подвергаются эоловой переработке с последующим образованием на менее заросших вершинах барханных цепей, перпендикулярных ветру, а на заросших склонах-котловины выдувания, параллельных ветру.

Таким образом, геоморфологический анализ опровергает мнение некоторых исследователей, полностью относящих эти гряды к эоловым образованиям. В подтверждение данной гипотезы авторы ссылаются на ветровой режим района: господствующие ветры параллельны грядам. Однако при этом забывается весьма существенная деталь в рассматриваемом ветровом режиме: активным ветрам свойственны перпендикулярные направления.

Вслед за Л. Аффером ( Aufrere, 1931) известный исследователь наших пустынь Б.А. Федорович также считает, что при режиме ветров противоположных направлений всегда формируется асимметрич-

ный эоловый рельеф – барханы, барханные цепи, перпендикулярные ветру (Федорович, 1940 и др.). Таким образом, гипотетический эоловый рельеф Обручевской степи должен был бы быть ориентирован с северо-востока на юго-запад, а в действительности гряды ориентированы в направлении с северо-запада на юго-восток. Можно считать, что найдено еще одно доказательство аллювиального происхождения гряд Обручевской степи.

Итак, согласно полевым наблюдениям, эоловая переработка – очень мощный экзогенный процесс.

Орошение земель в Средней Азии, в частности земель прикапальной полосы, в которых содержится много рыхлых частиц разной крупности, обязательно должно увязываться с основным рельефообразующим фактором – энергией ветра. Пренебрежение к работе ветра всегда приводит к печальным последствиям. В качестве примера приведем два факта.

В одном из районов Центральной Ферганы, в 40 км северо-восточнее г. Маргелана в 1962 г. были распаханы заросшие песчаные земли, используемые ранее как пастбища. Спланированные карты были окаймлены оросительными каналами. В некоторые каналы была даже пущена вода. Но забыли о ветре. К осени эти земли, подготовленные к весенним посевам, представляли собой песчаное море, а небольшие барханы, подобно волнам, избороздили ровную поверхность[1].

Другой пример относится к юго-западному побережью о. Амеланд (Нидерланды), который подвергается разрушению морскими волнами, особенно во время осенних и зимних штормов. Для защиты берега от волн решили построить дамбу. Для ее отсыпки использовали прибрежные дюны. В результате этой операции была уничтожена растительность, что привело к сильному развеиванию эоловых (дюнных) отложений. За непродолжительное время из них сформировались новые подвижные дюны, которые начали продвигаться в глубь острова и засыпать культурные земли (Smit, 1961).

Примеры приведены для мест, отстоящих одно от другого на тысячи километров, с разными физгеографическими условиями, но, к сожалению, с одним печальным результатом.

Следовательно, ликвидация растительного покрова на песчаных почвах и песках всегда влечет за собой дефляцию и формирование эолового рельефа. Поэтому успешное освоение такой территории связано со знанием динамики ветрового режима.

В Обручевской степи климатические сезоны не столь отчетливы, как, например, в средней полосе Европейской части Союза. Поэтому многие климатологи не выделяют здесь сезоны года, а делят год на два периода – холодный и теплый (Бабушкин, 1954, 1963; Балашова и др., 1960). По характеру ветрового режима в Обручевской степи мы также выделяем два периода в году – холодный (ноябрь-

[1] Сообщение сотрудников отдела физической географии Института географии АН СССР.

Таблица 2

Сопоставление сумм активных скоростей ветра противоположных ветровых потоков в холодный период года (в м/сек*)

| Метеостанция | Ноябрь | Декабрь | Январь | Февраль | Март | Апрель |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ничка | 107/51 | 157-34 | 245/24 | 202/50 | 171/77 | 138/80 |
| Карамет-Ниаз | 128/49 | 188/32 | 162/30 | 264/43 | 201/88 | 151/60 |
| Часкак | 134/52 | 193/28 | 227/34 | 268/100 | 169/125 | 144/87 |
| Каргалы | 84/36 | 127/37 | 314/19 | 284/39 | 173/50 | 100/46 |

*В числителе – сумма скоростей направлений юго-восточного потока (вюв-ювюв-ю), в знаменателе – то же северо-западного потока (зсз-сз-ссз-ссв).

апрель) и теплый (май – октябрь). Однако периоды климатологов и наши не совпадают по месяцам. Например, апрель – теплый месяц, но по характеру ветрового режима в приземном слое он еще является типичным месяцем холодного периода и т.д.

Для характеристики приземного режима ветров использованы данные двух групп метеорологических станций – с коротким (4–5 лет) и длинным (15 лет) рядом наблюдений. К первой группе относятся Ничка, Карамет-Ниаз, Часкак и Каргалы, расположенные непосредственно в районе работ – на левобережье канала, в Обручевской степи. Вторая группа станций – Керки, Уч-Аджи и Иолотань – расположена сравнительно далеко от мест исследования. Сопоставление данных метеостанций двух этих разнорядных групп показало совпадение основных направлений в холодный и теплый периоды года.

В холодный период года на территории Обручевской степи циркуляция воздушных масс в основном обусловлена прорывами южных циклонов и в меньшей степени – вторжениями воздушных масс с северо-запада и запада. В приземной циркуляции это находит отражение в преобладании ветров юго-восточной четверти (табл. 2).

По данным табл. 2 видно, что если сумму активных скоростей северо-западной четверти принять за единицу, то сумма скоростей юго-восточной четверти в среднем за тот же период на метеостанции Ничка будет 4,6, на Карамет-Ниязу 4,0, на Часкаке 3,4, на Каргалы 5,5. В среднем по Обручевской степи сумма активных скоростей ветра юго-восточной четверти в 4,4 раза больше, чем в северо-западной четверти (рис. 2 *А*).

В теплый период года над Обручевской степью, так же как и над Средней Азией, располагается область низкого давления. В эти месяцы основная роль в циркуляции воздушных масс принадлежит термической депрессии. Последняя заключается в очень быстром (2–3 дня) прогреве поступающих извне холодных воздушных масс над сильно нагретой подстилающей поверхностью пустынь. В при-

земной циркуляции отмечаются ветры северо-западной четверти и северные (табл. 3).

Если в мае сумма скоростей юго-восточной четверти (противоположных) не всегда значительна, то с июня по сентябрь включительно ветры юго-восточной четверти чаще всего вообще не наблюдаются. Они снова появляются в октябре.

Таким образом, приземная циркуляция теплого периода характеризуется тем, что ветровой поток направлен в одну сторону в сек-

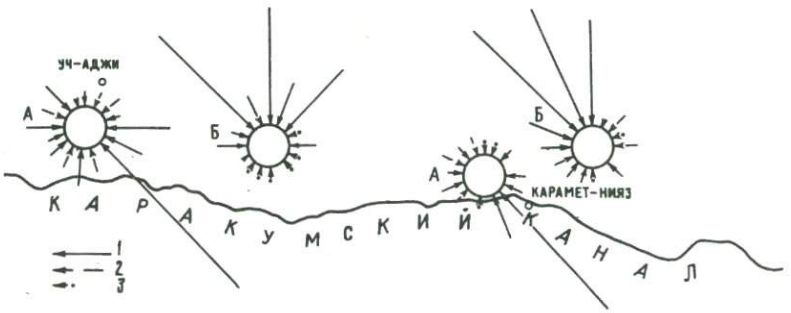



Рис. 2. Примерная схема ветровых потоков в Обручевской степи.
*А* – холодный период; *Б* – теплый период
Сумма активных скоростей ветра в процентах каждого направления 1 – более 3 м/сек; 2 – до 3 м/сек; 3 – до 1 м/сек

торе около 100° (рис. 2, *Б*). Необходимо отметить, что в июне-августе суммы скоростей северных и северо-северо-восточных ветров иногда составляют от четверти до трети, редко половину месячной суммы на любой из четырех метеостанций.

Данные табл. 2 и 3 показывают, что сумма активных скоростей ветров теплого периода равна 1044 м/сек (среднее по четырем метеостанциям), а холодного – 1403 м/сек. Последняя сумма почти в полтора раза больше, следовательно, произведенная ветром холодного периода работа более значительна и для дефляции, перемещения и переноса частиц, формирования эоловых форм.

Однако надо принять во внимание, что на территории Обручевской степи атмосферные осадки в основном выпадают в холодный период года и в среднем составляют три четверти от суммы годовых осадков (например, по Керки 124 из 164 мм годовых). Конечно, осадки, промачивая на некоторую глубину почву, делают ее частично более связной и этим уменьшают податливость процессу дефляции. Такое промачивание, судя по литературным данным, уменьшает способность дефляции на треть-четверть по сравнению с сухим периодом. При таких обстоятельствах, когда ветер обоих периодов делает почти равную работу и когда потенциальные возможности по дефляции уравновешиваются, трудно выделить время года для целесообразной планировки рельефа.

Таблица 3

Сопоставление сумм активных скоростей ветра противоположных ветровых потоков в теплый период года (в м/сек*)

| Метеостанция | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ничка | 111/36 | 218/9 | 307/0 | 228/0 | 123/0 | 57/27 |
| Карамет- | 92/52 | 152/10 | 207/3 | 214/0 | 102/0 | 64/37 |
| Нияз | 142/46 | 234/10 | 345/0 | 258/0 | 131/0 | 73/36 |
| Часкан | | | | | | |
| Каргалы | 80/53 | 211/11 | 260/0 | 146/0 | 65/2 | 72/53 |

* В числителе – сумма скоростей направлений северо-западного потока, в знаменателе – то же юго-восточного потока.

Видимо, с этих позиций – выбора времени для планировки рельефа – практический интерес представляют данные о числе случаев скоростей ветра 12 м/сек и выше. Речь идет о скоростях ветра, относимых нами ко второй фазе дефляции. В период действия этих ветров дефляции подвергаются не только песчаные и глинистые поверхности, но и аккумулятивный эоловый рельеф. В это время пылеватые части поднимаются ветром вверх и из них образуются пыльные бури, что является характерной особенностью второй фазы дефляции (Островский, 1963а,б).

Во второй половине теплого периода – августе, сентябре, октябре – наблюдается наименьшее повторение ветров больших скоростей (12 м/сек и выше).

При планировке рельефа приканальной полосы Обручевской степи под ирригацию этим месяцам и должно быть отдано предпочтение для производства земляных работ с нарушением растительного покрова на больших площадях.

Сильно расчлененные и повышающиеся к югу земли Обручевской степи можно орошать только дождеванием – наиболее прогрессивным способом полива. Преимущества этого способа бесспорны: 1) расходуется меньше воды; 2) земля увлажняется на необходимую глубину (например, до корнеобитаемого слоя); 3) производительность труда на поливе повышается в 4–5 раза и т.д. Дождевание из закрытых каналов позволит избежать подъема засоленных грунтовых вод и возникновения вторичного засоления.

Важное преимущество дождевания состоит еще и в том, что вместо обычной дорогостоящей планировки земель можно ограничиться несложной планировкой для создания пологоволнистой поверхности. В этом случае можно использовать непригодные в настоящее время под орошение земли приканальной полосы Обручевской степи (Дунин-Барковский, Кунин, 1961; Кондратьев, 1962).

Создание на исследованной территории пологоволнистой поверхности достигается передвижением некоторого объема грунта с повышенных мест в пониженные. В практике орошения дождеванием в

Средней Азии на каждые 100 пог.м допускается 2–3 м превышения (0,02–0,03).

Если бы рельеф Обручевской степи равномерно повышался или понижался от уреза воды в канале, то превышения не выходили бы за норму. Например, по профилю 9 (2,6 км длины на 22,4 м высоты) превышение равняется 0,012 – 0,013, по профилю 30 (2,1 км на 32,4 м) – 0,015–0,016 и т.д. В действительности рельеф, как сказано выше, состоит из неправильно чередующихся повышений и понижений, разнообразных по ширине, длине, глубине. Это усложняет нивелировку, которую надо вести, разделив полосу на отдельные участки (Алещенко, 1963).

В качестве примера приведем данные по профилю 3 площадью 900 тыс.м$^2$ (длина 3,1 км, ширина 300 м), где надо перенести на близкие расстояния около 203 тыс.м$^3$ грунта. По профилю 30 прощадью 600 тыс. м$^2$ (длина 2,1 км, ширина 300 м) надо передвинуть также на близкие расстояния примерно 256 тыс.м$^3$ грунта. Кстати, отметим, что во многих местах грунт можно будет передвигать без холостых ходов машины (Савченко, 1961).

Очень важно для противодействия дефляции, которая, безусловно, возможна на первых порах освоения, чередование приспособленных под дождевание полос с естественными. На последних должен быть полностью сохранен растительный и почвенный покров, а также проведен посев псаммофитов. На естественных полосах хотя бы временно должен быть запрещен выпас овец, а также заготовка дров. Полосы должны быть ориентированы длиной осью перпендикулярно двум противоположным ветровым потокам (северо–западным – юго – восточным).

Дождевание в Обручевской степи должно проектироваться как автоматическая оросительная система. Она уже существует, например, в Молдавии. Во всяком случае, к этому надо стремиться, хотя в настоящее время широко применяют полустационарные дождевальные системы, состоящие из закрытых магистральных трубопроводов и комплектов передвижных дождевальных устройств.

ЛИТЕРАТУРА


Алещенко Б.Я. Проектирование и производство планировочных работ по методу продольных полос (профилей). – Гидротехника и мелиорация, 1963, № 5.

Бабушкин Л.Н. Агрометеорологическая оценка сезонов. – Труды Ташкентской геогр. обсерватории, 1954, вып. 8 (9).

Бабушкин Л.Н. Агроклиматическое описание Средней Азии. – Научные труды ТашГУ. Новая серия, вып. 236. Геогр. науки, т. 28, 1963.

Балашова Е.Н., Житомирская О.М., Семенова О.Д. Климатическое описание республик Средней Азии.– Л. Гидрометеоиздат, 1960.

Богданова Н.М. О древних террасах–дельтах североафганских рек в Юго–Восточных Каракумах.– Труды Ин–та географии АН СССР, 1960, т.80.

Герасимов И.П. Почвенно–географический очерк Обручевской степи в Юго–Восточных Каракумах (песчано–глинистой равнины). – В кн.: При–

родные ресурсы Каракумов, ч. IV. Рельеф и почвы Юго-Восточных Каракумов. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1940.
Дубровкин В.Л. К вопросу о происхождении песчано-глинистой равнины (Обручевская степь) в Юго-Восточных Каракумах. Докл. АН СССР, 1949, т. 65, № 2.
Дунин-Барковский Л.В., Кунин В.Н. Преобразование природы пустынь Средней Азии.- Изв. АН СССР, серия геогр., 1961, № 5.
Кондратьев В.Н. Графический метод строительной планировки орошаемых полей.- Гидротехника и мелиорация, 1962, № 11.
Кунин В.Н., Мурзаев Э.М., Рельеф.- В кн.: Очерки природы Каракумов. М., Изд-во АН СССР, 1955.
Мирзажанов К. Ветровая эрозия на хлопковых полях Ферганской долины и принципы борьбы с ней. Автореф. канд. дисс. Ташкент. 1964.
Островский И.М. Рельеф песков западной части низменных Каракумов. М., Изд-во АН СССР, 1960.
Островский И.М. Формы ветровых наносов у лесных полос и механических преград. - В кн.: Пыльные бури и их предотвращение, М., Изд-во АН СССР, 1963а.
Островский И.М. Перенос пыли во взвешенном состоянии.- В кн.: Пыльные бури и их предотвращение. М., Изд-во АН СССР, 1963б.
Островский И.М. Параллельные ветру эоловые формы рельефа.- В кн.: Структурная и климатическая геоморфология. М., "Наука", 1966.
Савченко Н.Г. Применение бульдозера на строительстве Каракумского канала.- Гидротехника и мелиорация, 1961, № 9.
Федорович Б.А. Некоторые основные положения о генезисе и развитии рельефа песков.- Изв. АН СССР, серия геогр. и геофиз., 1940, № 6.
Aufrere L. Le cycle morphologique des dunes. – Ann. geogr., 1931, v. 40.
Smit J.W. De zuid-west kust van Ameland. – Otar, 1961, v. 45.

## ABSTRACT

Relief of the area adjacent to the left bank of the Kara-Kum canal was investigated with the help of levelling sets. It consists of ranges and hollows usually covered with vegetation. The morphological analysis proved the alluvial genesis of ranges. The character of wind regime in Obruchev steppe permitted to realize the climatological subdivision of the year into the cold and warm periods. The least frequency of stormy winds (> 12 m/sec) is observed in the second half of the warm period (August–September), so works on relief planning for irrigation are recommended to be carried out in these months. Sprinkling irrigation is considered with special attention. In order to prevent deflation, belts prepared for sprinkling must alternate with the natural ones. The belts must be oriented by their long axes perpendicularly to the two opposite wind flows.

*В.А. Ковда, Б.П. Градусов, Т.Л. Быстрицкая*

# ОСОБЕННОСТИ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ ПОЧВ ВОСТОЧНО-АФРИКАНСКОГО РИФТА

В настоящее время имеется обширная литература, посвященная исследованию состава глинистых минералов почв равнин Африканского континента (Fripiat et al., 1954; Добровольский, 1970а,б, 1971, 1973; Денисов, 1971; Al-Attar, Jockson, 1973; Минашина, Градусов, 1973, и др.). В меньшей мере изучены особенности глинистого материала почв Восточно-Африканского рифта (Денисов, 1971; Добровольский, 1973). Между тем имеются все основания ожидать, что минералогический состав почв этой области своеобразен. Это связано с распространением на территории рифта разновозрастных и литологически различных пород и широким развитием пород, возникших в результате выветривания и переотложения основных интрузивных и эффузивных образований.

Значительные области рифта совпадают с одной из самых крупных бессточных областей континента. При этом обилие свежих изверженных пород, сравнительно малая площадь водосбора, вытянутость ее обусловливают интенсивное новообразование карбонатов щелочей и широкое распространение на этой территории в прошлом и в настоящее время содового соленакопления в озерах и почвах. Почвообразующие породы и почвы описываемой территории значительно более молодые, чем почвы равнинных территорий западной и крайней восточной частей тропической Африки (Ковда, 1973).

В настоящей работе изложены результаты изучения химического и минералогического состава почв некоторых районов Восточно-Африканского рифта в пределах тропического пояса – Эфиопского плато, Кении и Танзании.

## УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ

Современные условия почвообразования в районе Эфиопского плато имеют следующие особенности. Среднегодовая температура 28–30°С, среднемесячные температуры января и июля лежат в тех же пределах; годовое количество осадков 1500–1700 мм, осадки выпадают в два периода дождей (Барков, 1953). Почвы формируются преимущественно на переотложенных продуктах выветривания основных, по-видимому, пропилитизированных и глинизированных, иногда кислых массивно-кристаллических пород. Почвы и осадочные

породы выровненных пониженных участков находились или находятся теперь под влиянием грунтовых вод гидрокарбонатно-натриевого состава. Исследованные нами почвы этого района имеют следующее строение.

Разрез II -АА-61 заложен 12 февраля 1961 г. на территории горного плато. Водораздел. Высота над уровнем моря около 3 тыс. м. 0-5 см. Дернина; сухой, буро-коричневый, плотно переплетен корнями трав, глинистый, встречаются обломки пород и участки облегченного механического состава, бесструктурный. 5-10 см. Сухой, коричневый, глинистый, в заметном количестве встречается щебенка, слабо оструктурен; непрочно-мелкозернистый. Глубже расположена слабо измененная твердая кристаллическая изверженная порода.

Почва горно-луговая дерновая маломощная щебенчатая.

Разрез I -АА-61 заложен 12 февраля 1961 г. в районе обширной рифтовой равнины к востоку от Аддис-Абебы. 0-5 см. Сухой, серый с буроватым оттенком, глинистый, комковато-ореховатый, плотный, много корней диаметром 1 мм и более. 5-12 см. Сухой, серый с сизоватым оттенком (буроватость исчезает), глинистый, очень плотный (слитой), столбовидно-глыбистый, на изломе заметны следы творожистой структуры, есть тонкие, как бы впаянные корешки. 12-20 см. Сухой, серый с заметным сизоватым оттенком, глинистый, очень плотный (слитой), столбовидно-глыбистый, следов творожистости на изломе не видно, тонкопористый, много железистых пятнышек и конкреций, есть тонкие, "впаянные" корни.

Почва - слитозем (палеогидроморфная слитая почва).

Судя по морфологическому строению почвы, формирование почвообразующей толщи происходило в результате седиментации частиц в условиях "спокойных" мелких водоемов, "иловая" стадия была достаточно длительной (Быстрицкая, Тюрюканов, 1971). Вероятно, в прошлом имел место солонцово-солончаковый этап. В настоящее время почва не засолена.

Климатические условия территории Кении, где были взяты образцы почв для исследования, характеризуются среднегодовым количеством осадков от 800 до 1500 мм; в горных и предгорных областях оно обычно повышается до 2000-2500 мм. Коэффициент увлажнения изменяется в пределах 0,5-0,9. Почвообразующими являются главным образом основные вулканогенные породы (лавы, пеплы), продукты их выветривания и переотложения.

В пределах Кении высший (до 2000 м) геоморфологический уровень территории, граничащей с Восточно-Африканским рифтом в дальних окрестностях г. Найроби, - это сильно расчлененное красноземное плато с мощным красноцветным элювием. На крутых склонах плато к долине Восточно-Африканского рифта элювий и почвы эродированы, маломощны и скелетны. Плато покрыто кое-где лесной растительностью (лиственной и хвойной), но в основном обезлесено и используется под земледелие: преимущественно возделывается маис, а также кофе, бананы, чайный куст. Возраст коры

выветривания, имеющей мощность до 15–20–30 м, не менее $10^6$ лет.

Там, где нет сильной эрозии, почвы имеют хорошо развитый гумусовый структурный горизонт мощностью до 90–150 см: сверху до глубины 20–25 см – темно-кофейного цвета, глубже – буровато-красного; еще глубже залегает красноцветная кора выветривания. Эти почвы, особенно на массивах, близких к ныне потухшим вулканам, неоднократно подвергались пеплопадам. Последние погребали красноземы и образовывали субстрат для формирования значительно более молодых почв – андосолей. В таких случаях на обрывах каньонов насчитывается до пяти-семи погребенных красноцветных горизонтов и полувыветрелого вулканического пепла.

Почвы красноземного плато охарактеризованы образцами разрезов 1К-74 и 4К-74 от 23 февраля 1974 г., а кора выветривания – образцами отложений с глубины 5 и 15–20 м.

Разрез 1К-74. Краснозем на вулканических породах (трахит-фенолитовая лава, вулканические пеплы). Лучшие почвы Кении. Плантация кофе (Кукуйя).

Разрез 4К-74. Плато. Окультуренный унавоженный горизонт огородной почвы на красноцветной коре выветривания.

На плато часто встречаются обширные равнинные понижения, явно пережившие в прошлом озерный или болотный режим. Само рифтовое понижение было огромным пресноводным морем-озером, оставившим до трех уровней древних террас и сохранившим и поныне небольшие озера. Понижения на плато заняты болотными почвами и заполнены озерно-болотными слоистыми отложениями, часто содержащими дендритовидные стяжения окислов железа и марганца. В глинистых прослоях явно преобладают монтмориллонит и аморфные аллофаноиды. Гумусовый горизонт мощностью около 15 см черного цвета, более или менее одернен или остепнен, структурен, но нередко слитой и плотный. Иногда под горизонтом 0–15 см образуется плотный (если сухо) белесый осолоделый горизонт $A_2$. В некоторых случаях он, подобно соответствующему горизонту солодей, характерных для Среднерусской равнины, достигает глубины 35–40 см. Он резко сменяется слитым плотным темным тумбо-глыбистым горизонтом В, нижняя граница которого достигает глубины 60 см, а вместе с горизонтом, переходным к породе, – глубины 100 см. Образцы такой почвы были взяты из разреза 2К-74 24 февраля 1974 г.

Разрез 2К-74. Озерно-болотное понижение, пережившее в прошлом содовый луговой режим, а теперь находящееся в стадии осолодения. Почва – осолоделый солонец.

На древних террасах исчезнувшего озера-моря Восточно-Африканского рифта уже развиты комплексы сравнительно молодых сухотропических (сухосаванных) темных каштановых, или черных солонцеватых (с выраженным горизонтом В), или древних "осаваненных" луговых почв. Эти почвы называют черными тропическими, черными хлопковыми, черными вертисолями.

Древние террасы Восточно-Африканского рифта (их намечается не менее трех) сложены слоистым озерно-речным аллювием с прослойками переотложенных пеплов. На них и образуются упомянутые почвы, представленные образцами из разрезов 3К-74 и 5К-74.

Разрез 3К-74. II/III терраса Восточно-Африканского рифта. Гильгайный микрорельеф. Террасовая осолодело-солонцовая ("осаваненная"), несколько слитая почва.

Разрез 5К-74. II терраса Рифта. Парк Найроби. Слабосолонцеватая черная хлопковая почва на делювиально-аллювиальных отложениях.

Наконец, наиболее пониженные равнинные депрессии рифта заняты озерами (например, оз. Найваша) и содовыми луговыми почвами, содовыми солонцами и даже минеральными содовыми солончаками с pH 9-11 и щелочной грунтовой водой на глубине 100-150-170 см. Судя по наблюдениям В.А. Ковды в 1963, 1974 и 1975гг., в настоящее время идет процесс иссушения озер и грунтовых вод: усиливаются и расширяются пятна содовых солончаков, растет минерализация и щелочность озерной воды, намечается рост засоленности почв луговых приозерных террас, наблюдается гибель деревьев и банановых плантаций.

Почвы, исследованные на низких равнинах Танзании, представляют собой черные слитоземы на речных террасах к западу от р. Аруши. Среднегодовое количество осадков 1700-2000 мм, среднегодовая температура воздуха 27-30°С. Почвообразующими породами являются четвертичные тяжелосуглинистые и глинистые аллювиальные, отчасти аллювиально-делювиальные отложения, представляющие собой переотложенные продукты выветривания, главным образом эффузивных пород (лавы, пеплы). Образцы взяты 19 сентября 1963г. Ниже приведено морфологическое описание почв.

Образец 72-63. Сухой, ржаво-коричневый, есть более темные участки, видны марганцево-железистые конкреции, глинистый, исключительно плотный, глыбистый, трещины шириной до 5 см.

Образец 73-63. Сухой, черный с сизоватым оттенком, глинистый, плотно-слитой, глыбистый, есть тонкие, как бы впаянные в почвенную массу корешки, видны железистые скопления-пятнышки и другие включения.

Образец 74-63. Сухой, черный с сизоватым оттенком, хорошо оструктурен (комковато-мелкозернистый), но структурные отдельности слиты в прочные глыбы, встречаются тонкие корни.

Все описанные образцы почв Танзании представляют собой типичные террасовые палеогидроморфные слитые почвы (слитоземы) с явными признаками аллювиально-делювиальных процессов и палеопойменного гидроморфизма.

Результаты валового анализа описанных почв, а также их некоторые физико-химические свойства представлены в табл. 1, 2 и 3.

Таблица 1

Результаты валового анализа почв Восточно-Африканского рифта, % на прокаленную

| Место взятия образца | Почва | № разреза | Глубина, см | П.п.п., % | Si | S | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Эфиопское плато | Горно-луговая маломощная щебенчатая | IIAA-61 | 0-5 | 12,4 | 29,2 | 0,056 | 0,096 |
| | | | 5-10 | 11,4 | 29,2 | 0,048 | 0,100 |
| | | | Порода | 1,2 | 34,0 | 0,198 | 0,030 |
| | Черный слитозем | IAA-61 | 0-5 | 14,0 | 29,4 | 0,068 | 0,040 |
| | | | 5-12 | 10,9 | 29,2 | 0,032 | 0,015 |
| | | | 12-20 | 9,2 | 29,1 | 0,032 | 0,004 |
| Кения Холмистое плато | Краснозем на вулканических породах, плантация кофе | 1K-74 | 0-7 | 20,1 | 21,9 | 0,300 | 0,220 |
| | | | 30-40 | 15,9 | 22,5 | 0,290 | 0,010 |
| | | | 120-130 | 16,7 | 19,7 | 0,160 | 0,007 |
| | | | 500 | 16,2 | 19,8 | 0,240 | 0,008 |
| | | | 1500-2000 | 3,0 | 29,3 | 0,160 | 0,022 |
| | Унавоженная огородная почва на красноцветной коре выветривания | 4K-74 | 0-7 | 20,3 | 32,8 | 0,220 | 0,041 |
| Обширное понижение на плато | Осолоделый солонец | 2K-74 | 15-25 | 7,2 | 35,8 | 0,220 | 0,010 |
| | | | 30-50 | 6,0 | 32,6 | 0,240 | 0,009 |
| | | | 80 | 12,5 | 27,9 | 0,210 | 0,008 |
| Террасы рифта | Террасовая осолодело-солонцовая (гильгайный микрорельеф) | 3K-74 | 0-5 | 6,1 | 28,6 | 0,200 | 0,007 |
| | | | 10-20 | 11,5 | 27,9 | 0,200 | 0,012 |
| | Черная хлопковая | 5K-74 | 0-20 | 14,7 | 31,01 | 0,260 | 0,020 |
| Танзания | Слитозем солонцеватый террасовый | 72-63 | 0-10 | 24,0 | 25,4 | 0,052 | 0,14 |
| | Слитозем черный луговый | 73-63 | 0-15 | 11,1 | 24,8 | 0,040 | 0,08 |
| | | 74-63 | 0-10 | 9,7 | 23,2 | 0,031 | 0,21 |

Таблица 2

Результаты валового анализа илистой (< 0,001 мм) фракции почв Эфиопского плато и

| Место взятия образцов | Почва | № разреза | Глубина, см | П.п.п.,% | Si | S | P | Al |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Эфиопское плато | Горно-луговая маломощная щебенчатая | IIAA-61 | 0-5 | 17,0 | 25,0 | 0,096 | 0,167 | 14,1 |
| | | | 5-10 | 17,4 | 24,4 | 0,072 | 0,167 | 14,2 |
| | Черный слитозем | IAA-61 | 0-5 | 13,5 | 28,1 | 0,036 | 0,032 | 11,9 |
| | | | 5-12 | 13,5 | 26,2 | 0,032 | 0,005 | 12,9 |
| | | | 12-20 | 13,6 | 26,6 | 0,048 | 0,006 | 13,3 |
| Танзания | Слитозем солонцеватый террасовый | 72-63 | 0-10 | 19,6 | 22,1 | 0,070 | 0,110 | 16,9 |
| | Слитозем черный луговой | 73-63 | 0-15 | 17,8 | 24,1 | 0,034 | 0,037 | 15,8 |
| | | 74-63 | 0-10 | 13,1 | 25,0 | 0,014 | 0,035 | 13,7 |

навеску

| Al | Fe | Ca | Mg | K | Na | Mn | Ti | $\frac{SiO_2}{R_2C_3}$ | $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9,8 | 8,0 | 0,74 | 0,69 | 1,83 | 0,93 | 0,26 | 0,69 | 4,2 | 5,8 |
| 9,7 | 8,0 | 0,64 | 0,70 | 1,78 | 0,91 | 0,26 | 0,69 | 4,2 | 5,8 |
| 6,4 | 4,0 | 0,27 | 0,11 | 3,46 | 2,70 | 0,16 | 0,35 | 7,6 | 10,1 |
| 10,2 | 7,5 | 1,27 | 0,92 | 1,08 | 0,62 | 0,19 | 0,69 | 4,1 | 5,5 |
| 10,3 | 8,3 | 1,10 | 0,87 | 0,85 | 0,28 | 0,19 | 0,87 | 4,0 | 5,5 |
| 10,3 | 8,0 | 1,07 | 0,90 | 0,82 | 0,24 | 0,26 | 0,67 | 4,0 | 5,5 |
| 16,4 | 12,4 | 0,74 | 0,64 | 0,87 | 1,02 | – | – | 1,9 | 2,6 |
| 16,7 | 11,0 | 1,06 | 0,26 | 1,11 | 1,24 | – | – | 2,0 | 2,6 |
| 19,8 | 11,3 | 0,82 | 0,45 | 0,45 | 0,69 | – | – | 1,5 | 1,9 |
| 19,8 | 11,3 | 0,96 | 0,19 | 0,38 | 0,62 | – | – | 1,5 | 1,9 |
| 10,7 | 5,4 | 0,99 | 0,26 | 3,72 | 3,18 | – | – | 4,2 | 5,2 |
| 7,9 | 5,3 | 1,99 | 0,51 | 2,02 | 1,96 | – | – | 5,9 | 7,8 |
| 6,4 | 2,5 | 0,86 | 0,16 | 2,66 | 3,04 | – | – | 9,1 | 10,6 |
| 8,9 | 3,8 | 1,09 | 0,24 | 2,28 | 2,91 | – | – | 6,1 | 7,3 |
| 12,6 | 6,4 | 0,76 | 0,62 | 1,69 | 2,30 | – | – | 3,4 | 4,3 |
| 8,7 | 7,5 | 2,90 | 0,34 | 2,97 | 2,34 | – | – | 4,4 | 6,4 |
| 12,5 | 4,3 | 2,30 | 0,28 | 2,98 | 2,37 | – | – | 3,7 | 4,3 |
| 9,4 | 5,0 | 1,80 | 0,48 | 1,52 | 1,90 | – | – | 5,2 | 6,5 |
| 12,5 | 10,4 | 1,20 | 0,60 | 1,50 | 0,67 | 0,62 | 0,62 | 2,8 | 3,9 |
| 14,3 | 7,7 | 1,80 | 0,66 | 1,78 | 0,93 | 0,20 | 0,51 | 2,7 | 3,4 |
| 10,4 | 8,5 | 5,70 | 1,66 | 1,90 | 1,47 | 0,51 | 0,92 | 3,1 | 4,4 |

Танзании, % на прокаленную навеску

| Fe | Ca | Mg | K | Na | Mn | Ti | $\frac{SiO_2}{R_2O_3}$ | $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9,4 | 0,26 | 1,02 | 1,70 | 0,18 | 0,04 | 0,29 | 2,6 | 3,4 |
| 10,5 | 0,19 | 1,00 | 1,60 | 0,16 | 0,05 | 0,57 | 2,5 | 3,3 |
| 8,5 | 0,15 | 0,91 | 0,99 | 0,07 | 0,02 | 0,47 | 3,3 | 4,6 |
| 8,6 | 0,21 | 1,97 | 0,90 | 0,04 | 0,03 | 0,41 | 2,9 | 3,9 |
| 8,7 | 0,25 | 2,30 | 0,87 | 0,04 | 0,03 | 0,41 | 2,9 | 3,8 |
| 12,0 | 0,19 | 0,35 | 0,56 | 0,08 | 0,04 | 0,58 | 1,8 | 2,5 |
| 8,2 | 0,25 | 2,32 | 0,86 | 0,20 | 0,05 | 0,82 | 2,4 | 3,0 |
| 9,1 | 0,66 | 1,87 | 1,50 | 0,25 | 0,05 | 0,72 | 2,7 | 3,6 |

Таблица 3

Механический состав и некоторые химические свойства почв Восточно-Африканского рифта

| Место взятия образца | Почва | № разреза | Глубина, см | Гигроскопическая влажность, % | Результаты | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | потеря от обработки HCl | 1–0,25 | 0,25–0,05 |
| Эфиопское плато | Черный слитозем | IAA-61 | 0–5 | 6,1 | 7,0 | 1,0 | 13,1 |
| | | | 5–12 | 8,2 | 5,4 | 1,4 | 11,9 |
| | | | 12–20 | 8,1 | 1,7 | 1,0 | 7,1 |
| Кения Холмистое плато | Красноземы на вулканических породах, плантация кофе | 1K-74 | 0–7 | – | 1,9 | 5,6 | 6,1 |
| | | | 30–40 | 2,7 | 1,7 | 4,8 | 4,4 |
| | | | 120–130 | 2,4 | 0,7 | 2,6 | 5,0 |
| | | | 500 | – | 0,7 | 3,8 | 3,0 |
| | | | 1500–2000 | 0,9 | 6,0 | 13,7 | 18,9 |
| | Унавоженная огородная почва на красноцветной коре выветривания | 4K-74 | 0–7 | 3,9 | 5,0 | 3,2 | 1,4 |
| Обширное понижение на плато | Осолоделый солонец | 2K-74 | 15–25 | 1,4 | – | – | – |
| | | | 30–50 | 1,9 | 1,2 | 17,5 | 16,2 |
| | | | 80 | 3,2 | 1,7 | 13,9 | 6,0 |
| Терраса рифта | Террасовая осолодело-солонцовая (гильгайный микрорельеф) | 3K-74 | 0–5 | 2,9 | 5,6 | 5,2 | 0,2 |
| | | | 10–20 | 3,2 | 0,8 | 24,9 | 10,2 |
| | Черная хлопковая | 5K-74 | 0–20 | – | 3,2 | 3,6 | 8,0 |
| Танзания | Слитозем солонцеватый террасовый | 72-63 | 0–10 | 4,1 | 6,6 | 2,2 | 5,8 |
| | Слитозем черный луговый | 73-63 | 0–15 | 6,1 | 5,9 | 2,0 | 2,1 |
| | | 74-63 | 0–10 | 5,1 | 14,7 | 3,6 | 7,0 |

## МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ

Минералогические исследования глинистого материала (фракции менее 0,001 мм) выполнены с помощью рентгенодифрактометрического метода (Градусов, 1967).

Исследованные почвы Эфиопии имеют весьма различный химический и минералогический состав. Так, горно-луговая маломощная щебнистая почва (разрез II AA-61) содержит в качестве преобладающих глинных минералов гидрослюды и хлорит. На долю смектитового компонента приходится лишь 20–30% от суммы минералов. Низкая интенсивность всех дифракционных максимумов дает основание считать, что в образцах много рентгеноаморфных веществ. Заметных изменений минерального состава по профилю не наблюдается (рис. 1,*1*).

В слитоземе (разрез I AA-61) фракции менее 0,001 мм состоят в основном из смектитового минерала; хлорит и гидрослюды при-

(на абсолютно сухую навеску)

| механического анализа, % | | | | | pH водный | Гумус, % | Поглощенные основания, мг-экв на 100 г почвы | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| размеры фракций, мм | | | | | | | | | |
| 0,05–0,01 | 0,01–0,005 | 0,005–0,001 | <0,001 | <0,01 | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Na^{+1}$ |
| 21,6 | 9,5 | 21,2 | 26,6 | 67,3 | 5,4 | 5,4 | 34,0 | 18,0 | 0,27 |
| 15,2 | 7,2 | 19,6 | 39,3 | 66,1 | 5,2 | 2,4 | 41,0 | 17,2 | 0,29 |
| 12,4 | 8,0 | 20,5 | 49,3 | 77,8 | 5,0 | 2,4 | 40,0 | 18,6 | 0,39 |
| 9,1 | 4,7 | 13,1 | 59,5 | 77,3 | 4,2 | 6,1 | – | – | – |
| 12,4 | 6,2 | 17,5 | 53,0 | 76,7 | 6,0 | 4,1 | – | – | – |
| 0,7 | 0,5 | 8,2 | 82,2 | 90,9 | – | 1,0 | – | – | – |
| 5,4 | 4,0 | 9,8 | 73,2 | 87,0 | 5,8 | 0,3 | – | – | – |
| 22,7 | 10,0 | 14,9 | 13,9 | 38,8 | – | 0,1 | – | – | – |
| 26,1 | 11,8 | 24,4 | 28,0 | 64,2 | 7,2 | 9,3 | – | – | – |
| – | – | – | – | – | 5,9 | 2,6 | – | – | 0,16 |
| 24,6 | 10,7 | 18,0 | 11,9 | 40,6 | 5,8 | 2,3 | – | – | 0,50 |
| 7,6 | 5,4 | 9,2 | 56,3 | 70,8 | 5,8 | 1,2 | – | – | 0,93 |
| 23,7 | 12,2 | 23,4 | 29,7 | 65,3 | 8,3 | 0,3 | – | – | – |
| 28,7 | 15,0 | 9,0 | 11,3 | 35,3 | 8,3 | 0,2 | – | – | – |
| 8,1 | 7,9 | 16,1 | 43,0 | 67,0 | 5,5 | 4,5 | – | – | – |
| 18,4 | 11,5 | 15,2 | 40,3 | 67,0 | 6,7 | 5,9 | 25,0 | 9,0 | 2,06 |
| 13,6 | 6,1 | 18,6 | 51,7 | 76,4 | 6,1 | 3,2 | 38,0 | 7,8 | 0,53 |
| 16,0 | 7,1 | 17,5 | 34,1 | 58,7 | 8,2 | 0,24 | 30,0 | 5,1 | 9,40 |

сутствуют в количествах до 10–20%. Наблюдается тенденция к некоторому уменьшению содержания смектитового минерала с глубиной; количество же хлорита и гидрослюды увеличивается. Подобный минеральный состав удовлетворительно совпадает с данными валового химического анализа фракций менее 0,001 мм этой почвы, приведенными в табл. 2. Глинистый материал содержит немного $K_2O$, MgO сосредоточен, по-видимому, в основном в смектите.

Минеральный состав исследованных почв Кении различен (рис. 2). Илистые фракции, выделенные из почв и отложений (разрез 1К-74), на глубине 20 м состоят в основном из рентгеноаморфных соединений, галлуазита, небольшого количества гидрослюд и смектита (рис. 2, *1*). Образцы с глубин 120–140 см и 5 м представлены метагаллуазитом со следами гидрослюды и смектита. В образце с глубины 30–40 см минеральный состав снова изменяется. Здесь имеются аморфные соединения, галлуазит, смектит, следы гидрослюды и много полевого шпата, присутствует кварц.

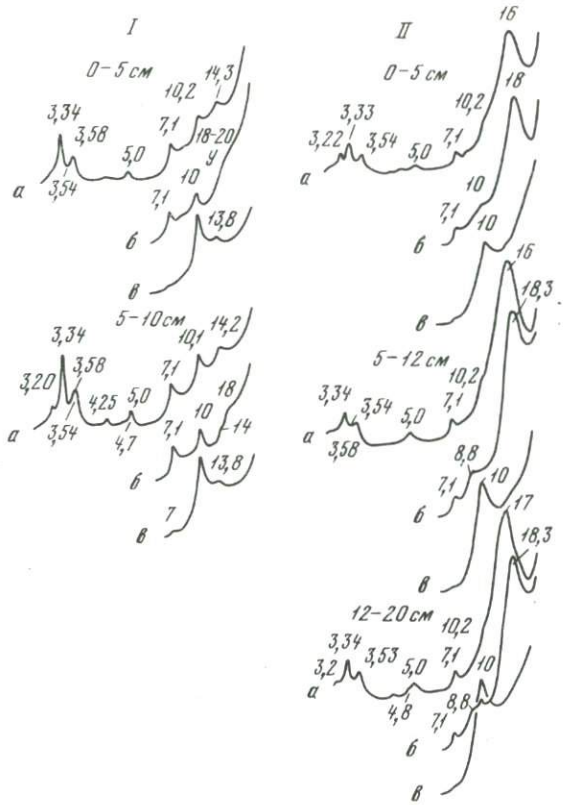



Рис. 1. Рентгендифрактограммы фракций меньше 0,001 мм почв Эфиопского плато.

*I* – разр. *II*-АА-61, *II* – разр. *I*-АА-61. *а* – воздушно-сухой препарат; *б* – препарат с этиленгликолем; *в* – препарат, прокаленный при 500°

В разрезе 2К-74 глинистый материал нижних горизонтов состоит из хлорит-смектитового неупорядоченного смешаннослойного образования и смектита, что характерно для зеленокаменно-измененных пород, аморфных соединений и галлуазита (возможно, каолинит-смектита). Во фракции менее 0,001 мм из образца почвы 0-15 см доминирует метагаллуазит. Имеются гидрослюды и набухающий минерал (рис. 2, *III*).

Фракция менее 0,001 мм почвы разреза 4К-74 с глубины 0-7 см состоит из метагаллуазита, следов гидрослюды и набухающего минерала.

Почвообразующая порода почвы из рифтовой долины (разрез 3К-74) имеет глинистый материал такого же состава, как и планосоль надрифтового плато (разрез 2К-74). Отличие состоит в том, что

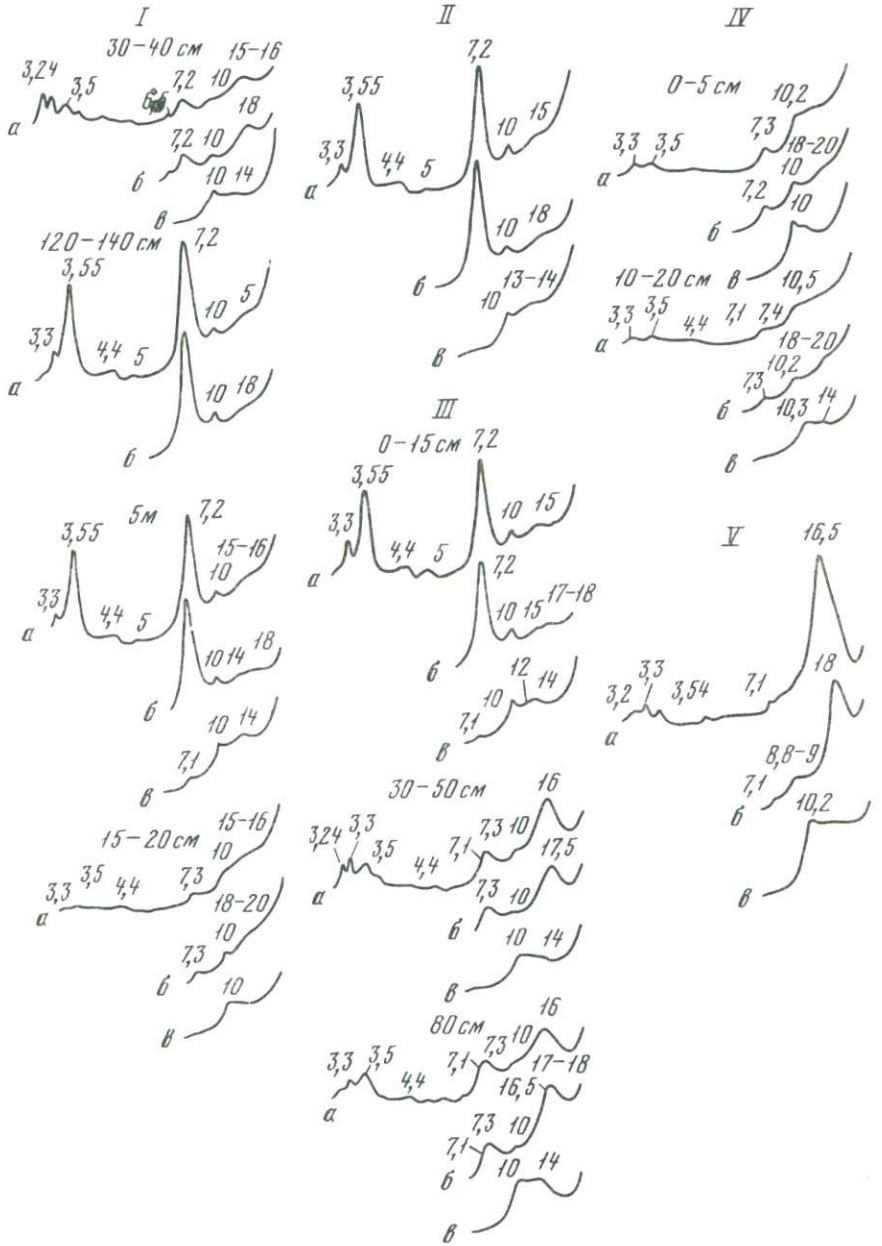



Рис. 2. Рентгендифрактограммы фракций меньше 0,001 мм почв Кении.

*I* – разр. IK – 74; *II* – разр. 4K–74; *III* – разр. 2K–74; *IV* – разр. 3K–74; *V* – разр. 5K, *а, б, в* – см. рис. 1

в верхних горизонтах преобразование исходных минералов в метагаллуазит выражено гораздо менее интенсивно. Здесь верхние горизонты почвы состоят из аморфных соединений, гидрослюд, смектитового минерала и небольшого количества метагаллуазита (рис. 2, *IV*).

Фракция менее 0,001 мм черной хлопковой почвы (разрез 5К-74) практически нацело состоит из смектита. В качестве небольшой

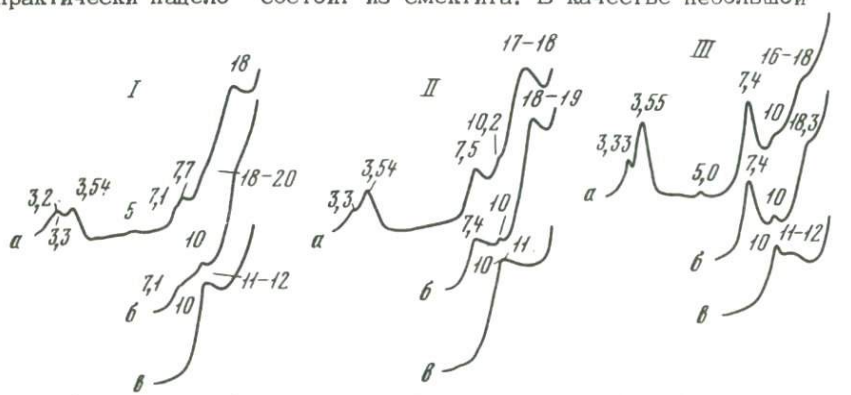



Рис. 3. Рентгендифрактограммы фракций меньше 0,001 мм почв Танзании.

*I* – образец 74–63; *II* – образец 73–63; *III* – образец 72–63; *а, б, в* – см. рис. 1

примеси присутствует хлорит. Смектит в воздушно-сухом состоянии имеет $d_{001}$ 16,5 Å (рис. 2, *V*).

Почвы Танзании имеют своеобразный глинистый материал. Здесь во всех исследованных образцах присутствуют каолинит-смектитовые смешаннослойные образования. От образца 74 к образцу 72 наблюдается увеличение каолинитовых пакетов в смешаннослойном образовании (рис. 3, *I–III*). В этом же направлении, согласно данным табл. 1, происходит уменьшение величины молекулярных отношений кремнекислоты к окиси алюминия.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ И ПРОДУКТОВ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ И СВОЙСТВ ПОЧВ

По условиям почвообразования и вторичного минералообразования на площади рифта выделяются два основных типа территорий. В наиболее сухих условиях с количеством осадков менее 1500 мм формируются почвы с недифференцированной или слабодифференцированной силикатной частью. Глинистый материал на осадочных породах имеет тот же состав, что и почвообразующий субстрат. При почвообразовании на свежих породах типа лав и пеплов происходит медленный неосинтез смектита, в почвах много аморфных соединений, в том числе аллофаноподобных. Каолинит красных почв

сухих саванн унаследован от почвообразующих пород, связанных с литогенезом былых гумидных условий. В подчиненных элементах ландшафтов образуются темноокрашенные высокогумусные почвы, в которых происходит интенсивный синтез смектитов.

На территориях с количеством осадков более 1500 мм почвам двух различных геоморфологических уровней соответствуют два типа процессов вторичного минералообразования. На водораздельных и склоновых позициях, там, где в почвах складывается промывной водный режим, минералообразование направлено в сторону накопления каолиновых продуктов, иногда образуются гиббсит-гетитовые минералы. В зависимости от характера почвообразующей породы механизмы и продукты каолинообразования различны. При почвообразовании на свежих породах типа лав и пеплов, не содержащих слоистых минералов, продуктом неосинтеза являются галлуазиты и метагаллуазиты. В тех случаях, когда почвообразующими являются отложения и породы смектитового состава, наблюдается формирование каолинит-смектитовых смешаннослойных образований. В подчиненных элементах ландшафтов, почвы которых находятся под воздействием содовых грунтовых вод, синтетически новообразуется смектит.

Отмеченное выше разнообразие почв по глинисто-минералогическим признакам обусловлено не только разнообразием почвообразующих пород, но и особенностями выветривания, геохимии и литогенеза в тропическом климате вообще. На всех стадиях литогенеза - выветривания, седиментогенеза и раннего диагенеза - осуществляются процессы вторичного минералообразования по любым породам, исключая, может быть, каолиновые глины.

Развитие минеральной массы почв к конечным для данных условий продуктам выветривания происходит через ряд промежуточных форм: аллофанодобных соединений, смешаннослойных образований (слюда-смектитового, хлорит-смектитового, каолинит-смектитового типа), галлуазитов, метагаллуазитов, монтмориллонитов. Своеобразие свойств перечисленных глинистых минералов и смешаннослойных образований формирует целую гамму почвообразующих пород, отличающихся по плотности, механическому и химическому составу, физико-химическим свойствам, "податливости" к выщелачиванию и дифференциации. В подчиненных аккумулятивных элементах ландшафтов происходят усиленные неосинтетические процессы минералообразования. Здесь формируются смектиты и палыгорскиты.

Таким образом, высокая скорость выветривания обусловливает наряду с разнообразием почвообразующих пород и сложностью рельефа большое разнообразие почв по глинисто-минералогическому составу и многим свойствам. На территории Восточно-Африканского рифта оно связано также и с изменениями климатической обстановки в течение части мезозоя-кайнозоя.

Как видно из данных рентгеноструктурного исследования, в глинистом материале изученных почв присутствуют минералы со своеобразными дифракционными спектрами. Так, в слитоземе Эфиопского плато (разрез I АА-61) и в черной хлопковой почве Кении (разрез

5К–74) смектитовый компонент в Mg–замещенном воздушно–сухом состоянии имеет первый базальный рефлекс с межплоскостными расстояниями в пределах 16–18 Å.

Смектиты и смешаннослойные слюда–смектитовые образования с подобными и еще большими значениями первого базального отражения были установлены в почвах областей современного содового соленакопления: в СССР на территории Барабинской лесостепи (Чижикова и др., 1973) и в Аргентине в долине р. Параны (Градусов, Быстрицкая, 1974).

Эта особенность дифракционного рентгеновского спектра смектитов может быть истолкована следующим образом. Известно, что с уменьшением размеров кристаллитов вдоль оси *c* и под влиянием структурного и геометрического факторов должно происходить смещение рефлексов в сторону отражений меньших углов. Оно тем значительнее, чем ближе рефлекс расположен к первичному пучку (Reynolds, 1969). Экспериментально это явление для смектитов установлено Теттенхорстом и Роберсоном (Tottenshorst, Roberson, 1973). При толщине кристаллитов слюд, соответствующей высоте двух–трех пакетов, значения $d_{001}$ достигают 11–12 Å.

Агентом, вызывающим появление смектитовых кристаллитов подобных размеров, являются разбавленные содовые растворы (Браун, 1965; Чижикова и др., 1973, и др.). Натрий этих растворов входит в межслоевые промежутки смектита и, наращивая большую гидратную оболочку, вызывает раздвигание его силикатных слоев вплоть до их полного разобщения. В таком состоянии между силикатными слоями могут оказаться органическое вещество, кремнезем и другие соединения. При последующем высушивании глинистого материала эти соединения препятствуют сближению силикатных слоев, в результате чего и наблюдается аномально большое значение межплоскостного расстояния первого базального отражения.

Источником натрия в описываемых почвах являются почвенно–грунтовые воды, которые формируются в результате трансформации растворов, образующихся при выветривании свежих пеплов, массивно–кристаллических пород, а также осадочных отложений полимиктового состава в автономных ландшафтах самого Восточно–Африканского рифта. Мобилизация натрия происходит на тех стадиях изменения упомянутых пород, когда исходные минералы преобразуются в гидрослюды, хлориты, смектиты, а последние – в каолиниты. Освобождающийся при выветривании материнских пород натрий поступает в грунтовые воды и в виде карбонатов и бикарбонатов принимает затем участие в почвообразовании на сравнительно более низких элементах рельефа. Не исключен дополнительный приток при этом и подвижного кремнезема.

Своеобразный минерал установлен также в образце 72 почвы из района Аруши в Танзании. Ряд признаков дает основание определить его как каолинит–смектитовое смешаннослойное образование. Перечислим эти признаки. В воздушно–сухом состоянии значение $d_{001}$ больше 7,2 Å, $d_{002}$ меньше 3,6 Å. Сольватация этиленгли–

колем не вызывает существенного изменения дифракционного спектра. Он не изменяется и после прокаливания препаратов при 300°С. Прокаливание при 500°С вызывает разрушение минерала. Согласно представлениям Т.Судо и его учеников (Shimoyama et al., 1969), а также других авторов (Wiemiora, 1970; Schultz a.o., 1970; Sakharov, Drits, 1973), минералы с подобными рентгеноструктурными характеристиками необходимо рассматривать как неупорядоченные смешанослойные образования из каолинитовых и смектитовых пакетов. Количество каолинитовых пакетов в них достигает 80–90%.

Ранее каолинит–смектитовые смешанослойные образования были описаны в профиле лесных почв Шотландии (Gradwick, Wilson, 1972). Затем они были обнаружены в красноземах, развитых на продуктах зеленокаменных хлорит–смектитовых изменений андезито–базальтов Закавказья (Боголюбова и др., 1974), в латеритах Кубы, сформированных на породах, содержащих смектиты (Черняховский и др., 1976). По мнению А.Г. Черняховского (1974), каолинит–смектитовые образования характерны для кор выветривания и почв, развивающихся в субтропических районах с количеством осадков более 1500 мм в год. В тропическом климате этот предел несколько выше.

В исследованном нами случае (образец 72–63, Танзания) смешанослойное каолинит–смектитовое образование возникло в процессе современного выветривания–почвообразования и является продуктом преобразования смектита почвообразующей породы. Процесс сопровождается потерей кремния и относительным накоплением алюминия.

Нами описаны слитые почвы, глинистый материал которых состоит из каолинит–смектитового смешанослойного образования. На долю каолинитового компонента приходится, как отмечалось выше, до 80–90% силикатной части почвенного ила. Поскольку это образование развивается по супердисперсному смектиту, оно также находится, по–видимому, в супердисперсном состоянии. На это указывает и наличие слабого дифракционного пика при 18 Å на рентгенодифрактограмме воздушно–сухого препарата глинистого материала из образца 72–63.

Таким образом, признаками слитости обладают и почвы, глинистый материал которых содержит много каолинитового компонента. Слитые почвы с высоким содержанием гидрослюд также известны в литературе (Пак и др., 1973). Это позволяет заключить, что минералогический состав не всегда является решающим фактором при слитообразовании в почвах субтропического и тропического поясов. Для осуществления слитости достаточно особого – супердисперсного состояния глинистых минералов, а также, по–видимому, присутствия аморфных соединений.

По глинисто–минералогическим признакам почвы Восточно–Африканского рифта исключительно своеобразны по сравнению с почвами прилежащих областей континента. Так, почвы равнины Гезира почти чисто смектитовые, при этом смектит не имеет признаков супер–

дисперсности (Минашина, Градусов, 1974; Al-Attar, Jackson, 1973). Почвы долины Нила содержат тот же смектит и хорошо окристаллизованный каолинит. К западу от Восточно-Африканского рифта почвы на преобладающих здесь осадочных породах состоят из совершенных каолинитов, гиббситов, гетита и диоктаэдрических гидрослюд (Денисов, 1971).

Почвы Восточно-Африканского рифта по глинисто-минералогическим признакам отличаются также и от почв других бессточных областей тропического пояса. Почвы небольшой бессточной подгорной области Тукумана (Южная Америка) - хлорит-гидрослюдистые (Ковда и др., 1976). Почвы восточной части Австралии, примыкающей к массиву Большого водораздела, содержат много смектитового глинистого материала (Radoslovich, 1958; Beattie, 1970). Аравийская бессточная область является палыгорскитовой (Градусов, Онищенко, 1966).

Своеобразие почв Восточно-Африканского рифта по глинисто-минералогическим признакам определяется: 1) сочетанием на сравнительно небольшом расстоянии почв с существенно различным минералогическим составом - от гидролюдисто-хлоритовых к смектиту и галлуазиту, во многих почвах глинистый материал содержит большие количества аллофановых соединений; 2) наличием переходных каолинит-смектитовых смешаннослойных образований; 3) присутствием структурно-супердисперсных минералов типа смектита; а также тем, что имеются почвы, содержащие палыгорскит.

## ВЫВОДЫ

1. Область Восточно-Африканского рифта характеризуется своеобразным сочетанием факторов почвообразования: резкими изменениями условий увлажнения, большим разнообразием материнских субстратов, среди которых важную роль играют изверженные породы основного состава, участием в почвообразовании во многих случаях содовых грунтовых вод. Это находит отражение в большом разнообразии почв, резко отличающихся по составу и свойствам, в частности глинистого вещества. Вследствие этого почвенная область Восточно-Африканского рифта представляет собой уникальное явление на лике Земли. Другими областями, где возможны процессы почвообразования близкого типа, являются низкогорная Восточная Австралия, Армения и Аргентина.

2. Источником натрия в грунтовых водах на площади Восточно-Африканского рифта являются продукты начальных этапов выветривания и почвообразования массивно-кристаллических пород (лав и пеплов) горных участков по периферии самого рифта. Здесь образуются растворы карбонатов и бикарбонатов натрия, растворы подвижного кремнезема.

3. В слитых почвах Восточно-Африканского рифта обнаружены смектиты, находящиеся в супердисперсном состоянии. Это состоя-

ние минерала отражает влияние былого и современного воздействия содовых грунтовых вод.

4. Установлено, что в некоторых слитых почвах преобладающим компонентом глинистого материала является каолинитовый структурный пакет, находящийся в смешаннослойных каолинит-смектитовых образованиях.

5. Слитообразование в пределах субтропического и тропического поясов не всегда связано с преобладанием смектитов в глинистом материале. Возможно, что важную роль в этом явлении играет состояние минералов почвенного ила, связанное со структурной дисперсностью, возникающей при разобщении силикатных слоев смектитов под воздействием содовых растворов.

ЛИТЕРАТУРА


Барков А.С. Физическая география частей света. Африка. М., Географгиз, 1953.

Боголюбова Л.И., Дриц В.А., Сахаров Б.А., Соколова А.Л., Черняховский А.Г. Смешаннослойный минерал каолинит-монтмориллонит из коры выветривания Закавказья. – Литология и полезные ископаемые, 1974, № 4.

Браун Г. Рентгеновские методы изучения структуры глинистых минералов. М., "Мир", 1965.

Быстрицкая Т.Л., Тюрюканов А.Н. Черные слитые почвы Евразии. М., "Наука", 1971.

Градусов Б.П. Рентгендифрактометрический метод в минералогических исследованиях. – Почвоведение, 1967, № 10.

Градусов Б.П., Быстрицкая Т.Л. Почвенные глинисто-минералогические ландшафты Южной Америки, их биопродуктивность и влияние на окружающую субконтинент часть Мирового океана. – Труды X Международн., конгр. почвоведов, т. VI (1). М. "Наука", 1974.

Градусов Б.П., Онищенко С.К. Минералогический состав фракции менее 0,001 мм некоторых почв долины р. Хабур (Сирийская Арабская Республика). – Вестник МГУ, серия биол., 1966, № 3.

Денисов Н.А. Основы почвоведения и земледелия в тропиках. М., "Колос", 1971.

Добровольский В.В. Вертикальная поясность почв экваториальной Африки. – Вестник МГУ, серия геогр., 1970а, № 4.

Добровольский В.В. Почвы Килиманджаро (Восточная Африка). Научн. докл. высш. школы, биол. науки, 1970б, № 6.

Добровольский В.В. Карбонатные коры Восточной Африки и Ближнего Востока. – Изв. АН СССР, серия геол., 1971, № 12.

Добровольский В.В. Почвы Кении, Танзании и их геохимические особенности. – В кн.: Геохимия тропических и субтропических почв и ландшафтов. Сб. трудов МГПИ им. В.И. Ленина. М., 1973.

Ковда В.А. Основы учения о почвах. Кн. 1 и 2. М. "Наука", 1973.

Ковда В.А., Градусов Б.П., Быстрицкая Т.Л. Почвенные глинисто-минералогические и геохимические ландшафты Южной Америки и их влияние на окружающую часть океана. – В кн.: Биосфера и почвы. М., "Наука", 1976.

Минашина Н.Г., Градусов Б.П. Минералогический состав ила некоторых пустынных почв. – Почвоведение, 1973, № 7.

Пак К.П., Травникова Л.С., Цюрупа И.Г. Химико-минералогические особенности слитых почв орошаемых районов Поволжья. – Вестник сельскохоз. науки, 1973, № 10.
Черняховский А.Г. Принципиальная схема географической зональности элювиального процесса. – Кора выветривания, 1974, вып. 14.
Чижикова Н.П., Градусов Б.П., Травникова Л.С. Особенности профилей глинистого материала почв Барабинской лесостепи в связи с их эволюцией. – Научн. докл. высш. школы, биол науки, 1973, № 8.
Al-Attar H.A., Jackson M.L. Montmorillonitic soils developed in Nile river sediments. – Soil Sci., v.116, N 3, 1973.
Beattie J.A. Peculiar features of soil development in parne deposits in the Eastern Riverina, N.S.W. Australia. – J. Soil. Res., v. 8, N 2, 1970.
Cradwick P.D., Wilson M.J. Calculated X-ray diffraction profiles for interstratified kaolinit-montmorillonite. – Clay Minerals, v. 9, N 4, 1972.
Fripiat J. et al. Nature de la fraction argileuse des sols du longo Belge et du Ruanda Urundi. – Actes et compt. rend. V Congr. Internat. sci du sol. Leopoldville, 1954.
Radoslovich E.W. Clay mineralogy of some Australian red-brown earths. – J.Soil Sci., v. 9, N 2, 1958.
Reynolds R.S. Orientation of ethylene glycol monoethyl ether molecules on montmorillonite. – Amer. Mineralogist, 1969, v,54, N 3/4, 1969.
Sakharov B.A., Drits A. Mixed-layer kaolinite-montmorillonite: a composition of observed and calculated diffraction patterns-Clays and Clau Minerals, Pergamon Press, v.21, 1973.
Schultz L. a oth. Moxed-layer kaolinite-montmorillonite. From the Jucatan Peninsula, Mexico. – Clays and Clay Mineralogist, Pergamon Press, v. 19, 1970.
Shimoyama W. D., Sudo J.T. Montmorillonite-kaolin clay in acid clay deposits from Japan. – Proc. Internat. – Clay conf. 1969, v. 1.
Sieffermn G. Premieres déterminations de minéraux argileux du Cameroun. III Conf. Internat. sols, Dalaba, 1969.
Totenshorst R., Roberson H. X-ray diffraction aspects of montmorillonites. – Amer. Mineralogist, v. 58, N 1–2, 1973.
Wieviora A.A. Mixed-layer kalinite smectite from Lower Silisia, Poland. – Clays and Clay Mineralogist, Pergamon Press, v. 19, 1970.

## ABSTRACT

Soils and secondary clay minerals of the East–African rift were investigated (Ethiopia, Kenya and Tanzaniya). The peculiarity of soils for their clay–mineralogical indices is shown. Vertisols are described, their clay material consisting of kaolinite–smectitemixed–layer formation. Smectites are found to be in a superdispersed state, proving the influence of former and present hydromorphic phases of lithogenesis and soil formation.

*Н.А. Ногина, Ю.Г. Евстифеев, К.А. Уфимцева*

# ПОЧВЫ НИЗКОГОРНЫХ И РАВНИННЫХ СТЕПЕЙ И ПУСТЫНЬ МОНГОЛИИ (СИСТЕМАТИКА, ДИАГНОСТИКА)

В период с 1970 по 1974 г. почвенным отрядом совместной Советско-Монгольской комплексной биологической экспедиции проводились маршрутные почвенные исследования в целях составления почвенной карты МНР. В процессе этих работ был составлен систематический список почв республики и получены материалы по характеристике большинства встречающихся почв. Не исключено, что при детальных почвенных исследованиях может выявиться недостаточная полнота предлагаемого списка почв, необходимость некоторого дополнения и расширения его, но, как мы полагаем, это не уменьшает его значимости как определенного этапа работы по систематике и классификации почв Монголии.

Предлагаемый список почв МНР базируется не только на материалах экспедиции, но и на данных предшествующих исследований, при которых уже были выделены основные типы почв и проведены географические рубежи между зонами, т.е. очерчены ареалы широкого распространения зональных типов почв. Новым в этом систематическом списке является выделение типа серо-бурых крайнеаридных почв, подтипов в типах серо-бурых и бурых пустынно-степных почв, а также ряд родов в зональных типах и части интразональных (контактово-луговатые, занесенные песчаными наносами, остепняющиеся, сайровые, остаточно гумусовые и др.). К систематическому списку прилагается и диагностическая характеристика почв.

Проводя систематизацию почв МНР, мы параллельно стремились выявить черты сходства местных почв с почвами соответствующих ландшафтов соседних территорий, а также отличия, т.е. найти их место в общей классификации почв континента, уяснить причины существующего своеобразия и оценить его с точки зрения процессов почвообразования и хозяйственного использования территории.

Приведенная диагностика различных почв не однородна для разных типов как по полноте характеристики, так и по подробности таксономического разделения. Это связано с различной степенью изученности почв, количеством фактического материала, которым располагали авторы. Из-за отсутствия материала не приведена диагностика болотных и аллювиальных почв.

Предлагаемый систематический список почв мы рассматриваем как фрагмент будущего единого полного систематического списка почв МНР. К его составлению и обсуждению нужно привлечь воз-

можно более широкий круг специалистов-почвоведов, знакомых с почвами Монголии. Публикация материалов экспедиции по систематике и диагностике начинает это обсуждение.

Известно, что характер почв определяется природными условиями, в которых они формируются. Поэтому систематическому списку почв и их диагностике мы предпошлем краткую характеристику факторов почвообразования.

Монголия - это древняя континентальная страна со сложной сменой природных условий в разные этапы существования. Межгорные пространства имеют высокий гипсометрический уровень, большей частью в пределах 1000-1300 м абс. высоты. Плотные породы обычно залегают близко к поверхности, часто выходят на поверхность даже в условиях равнинного рельефа. Только в депрессиях коренного ложа, выполненных относительно мощной толщей пролювиальных, аллювиальных или эоловых отложений, они не принимают существенного участия ни в строении поверхности, ни в процессах почвообразования.

Истинно равнинные территории имеют подчиненное значение. Основные их массивы расположены в пустынно-степной части страны. В рельефе негорных территорий преобладают мелкосопочные массивы, среди которых выделяются участки "островных гор" и межгорных впадин. Доминирующими почвообразующими породами являются пролювиальные и элювиально-делювиальные наносы, встречаются аллювиальные, озерные и эоловые отложения. Бóльшая часть почвообразующих пород имеет легкий механический состав (от песков до легких суглинков включительно), щебниста; обогащена мучнистыми карбонатными выделениями, промыта от легкорастворимых солей и гипса. Только в заалтайской части Гоби встречаются почвообразующие породы, содержащие гипс.

Для растительного покрова характерна некоторая разреженность и низкорослость, широкое отношение между корневой и надземной массой.

Климат Монголии резко континентальный. Среднегодовые температуры на большей части территории отрицательны или имеют очень небольшие положительные значения. Зима длинная, морозная, малоснежная. Почвы глубоко промерзают, зимой сильно переохлаждаются. По понижениям и заболоченным массивам "перелетовывающая" или "вечная" мерзлота заходит на территорию сухих степей. Весна сухая, с пыльными бурями. Лето короткое, жаркое. В течение 2-2,5 летних месяцев выпадает 75-80% годовой суммы осадков. Благодаря совпадению во времени теплого и влажного периода лето здесь характеризуется очень высокой активностью всех биологических процессов, что как бы несколько компенсирует его кратковременность. Осень сухая, холодная. В сентябре начинаются регулярные заморозки.

Сопоставляя территорию МНР и соседние районы СССР по условиям почвообразования, мы приходим к выводу, что она близка только к районам Забайкалья и Тувинской автономной области. Очевидно,

почвы только этих территорий и могут быть аналогизированы с почвами Монголии.

По принятой в СССР классификации почв почвы Тувы и Забайкалья составляют ряд самостоятельных провинциальных (фациальных) подтипов, а в отдельных случаях и типов почв. При этом весь ряд почв, выделяемых в районе с резко континентальным климатом и муссонным характером распределения осадков, обладает некоторой общностью свойств, обусловленной сходством в характере режимов почвообразования, т.е. все почвы этого провинциального ряда обнаруживают между собой некоторое "фациальное родство". Оно проявляется в малой мощности гумусового горизонта, существования периодов относительно сильного для данного ландшафта увлажнения почв летом и повышенной сухости весной, что вызывает своеобразие в солевом профиле и водном режиме местных почв, в процессах миграции веществ и характере миграционной способности отдельных элементов.

Вследствие того, что в Туве и Забайкалье нет пустынных территорий, а опустыненные степи заходят только на юг Тувы небольшой самой северной частью своего ареала, мы вправе считать, что почвы южной половины пустынно-степных и пустынных ландшафтов МНР на территории СССР аналогов не имеют. Они, вероятно, должны быть выделены в самостоятельные провинциальные подтипы бурых пустынно-степных и серо-бурых пустынных типов почв. Эти подтипы как бы продолжат провинциальный ряд почв резко континентальных территорий, который захватит весь спектр природно-ландшафтных зон этого региона (тайга - лесостепь - степь - пустыня).

Следует отметить, что высокий гипсометрический уровень Монголии, сложный характер рельефа ее равнинных территорий, практически повсеместная (за исключением песчаных массивов) засоленность рыхлых толщ делают крайне условным разделение почв МНР на горные и равнинные. Четких почвенных признаков для такого деления пока не найдено, и граница между почвами гор и равнин проведена только по характеру рельефа. Относительно уверенно различаются лишь почвы близких ландшафтов с резко различными высотами (например, каштановые почвы гор пустынной зоны Монголии), но нет уверенности в правильности их объединения в одни типы с почвами равнин. Этот вопрос требует специального рассмотрения и в данной работе не разбирается, так как приводимый список включает только почвы равнин и низкогорий, т.е. территорий, наиболее широко используемых в народном хозяйстве республики, где ведутся основные почвенно-картографические исследования.

К сожалению, степень детальности систематического разделения почв на уровне ниже типа, а также диагностические характеристики разработаны в разных типах неодинаково. Это отражает состояние материалов, которыми располагали авторы.

I тип: черноземы
Подтипы: бескарбонатные или малокарбонатные, мучнистокарбонатные
Роды: обычные
контактно-луговатые
рыхлопесчаные (слаборазвитые)
маломощные (слаборазвитые)

II тип: лугово-черноземные длительно-сезонномерзлые

III тип: каштановые
Подтипы: темно-каштановые мучнистокарбонатные
каштановые мучнистокарбонатные
светло-каштановые мучнистокарбонатные
Роды: обычные
остаточно-луговые
солонцеватые
контактно-луговые
поверхностно-карбонатные
маломощные (слаборазвитые)
рыхлопесчаные (слаборазвитые)
бескарбонатные

IV тип: лугово-каштановые мучнистокарбонатные
Роды: обычные
солонцеватые
остепняющиеся

V тип: луговые
Роды: обычные
засоленные
остепняющиеся

VI тип: бурые пустынно-степные
Подтипы: бурые пустынно-степные
бурые остепненно-пустынные
Роды: обычные
солонцеватые
рыхлопесчаные (слабодифференцированные)
занесенные песчаным наносом
маломощные (слаборазвитые)
сайровые (примитивные)

VII тип: серо-бурые пустынные
Подтипы: серо-бурые пустынные безгипсовые
серо-бурые пустынные слабогипсоносные
Роды: обычные
рыхлопесчаные (слаборазвитые)
солонцеватые
слаборазвитые (маломощные)
занесенные песчаным наносом
сайровые (примитивные)

VIII тип: серо-бурые крайне аридные
Роды: обычные
маломощные (слаборазвитые)
сайровые (примитивные)
IX тип: луговато-бурые пустынно-степные
Роды: обычные
солонцеватые
X тип: такыровидные
XI тип: такыры
XII тип: солонцы
XIII тип: солончаки
Подтипы: соровые
луговые
XIV тип: болотные почвы
XV тип: аллювиальные почвы

## ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ

Тип: черноземы.

Черноземы формируются в МНР только в вертикальном ряду почв горных систем Северной Монголии, т.е. являются горными почвами, появление которых связано с определенными высотами. Высоты, на которых формируются черноземы, сильно варьируют и зависят от широты местности и местоположения участка в пределах горной системы (окраинная часть или внутригорный массив). Отмечены следующие амплутуды высот, где были встречены черноземы: 1300-1400 м внутри горного массива и 1700-1800 м - в периферийной части.

Площади, занимаемые черноземами, не велики.

Зона черноземов не образует сплошного пояса. Черноземы встречаются фрагментарно отдельными относительно мелкими массивами среди лесостепных территорий, обычно они приурочены к строго определенным элементам рельефа. В районах, граничащих с таежными пространствами, они формируются на склонах теплых экспозиций, в полосе окраинной части гор; вблизи сухостепных территорий занимают склоны северных экспозиций или высокие плакорные выровненные поверхности (южная оконечность Хэнтэя).

Черноземы формируются под лугово-степными и разнотравно-злаковыми степными ценозами. Проективное покрытие почв растительностью колеблется от 40-50 до 80-90%, в зависимости от степени каменистости и гранулометрического состава почвообразующих пород, от степени эродированности почв.

Эти почвы имеют периодически промывной тип водного режима, что обусловлено концентрацией осадков в летний период, малой мощностью, сильной щебнистостью и легкостью механического состава почвообразующих пород. Они глубоко промерзают зимой. В отличие от черноземов других территорий в них не всегда присутствуют карбонаты кальция, который в местных условиях обнаруживает

высокую степень подвижности из-за высокого содержания $CO_2$ в почвенном воздухе в период существования нисходящих токов почвенных растворов.

Профиль черноземов состоит из следующих генетических горизонтов.

A – гумусовый горизонт. Он очень отчетливо выделяется в профиле, имеет темно-серый или коричневато-темно-серый цвет. Мощность его может сильно варьировать, что связано с горным характером рельефа, малой мощностью рыхлой толщи, широким распространением процессов смыва и намыва поверхностной мелкоземистой массы. Наиболее часто мощность горизонта A варьирует в пределах 25–45 см. Верхние 4–6 см обычно густо пронизаны корнями растений и образуют рыхлую дернину, которая легко отчленяется от нижележащей толщи. Нижняя граница отчетлива, иногда языковата.

B – переходный горизонт. Коричнево-бурого, буровато-палевого или других тонов окраски, в зависимости от цвета почвообразующей породы. Структура комковатая, обычно непрочная, выражена не всегда отчетливо. Иногда присутствуют темные гумусовые затеки, проникающие сюда из вышележащего горизонта. Мощность 20–40 см.

$B_k$ – нижняя часть переходного горизонта, отличается от вышележащего отсутствием затеков гумуса, иногда содержатся карбонаты. Их количество может достигать значительных величин (15–25% $CaCO_3$). В случае неоднородности породы, подстилания грунтом иного состава или плитой плотных пород на границе раздела двух сред появляются признаки сезонного переувлажнения (грязные тона окраски, ржавые примазки, железистые точковидные единичные стяжения). Часто на этом горизонте или даже выше профиль почв обрывается, так как в горных условиях мощность рыхлой толщи мала. Почвообразующих пород, не измененных процессами почвообразования, в большинстве случаев не сохраняется. Там, где мелкоземистая толща имеет большую мощность, горизонт B может достигать 100 см и более. Ниже залегает почвообразующая порода – горизонт C.

В типе черноземов МНР уверенно выделяются два подтипа: 1) черноземы бескарбонатные или малокарбонатные и 2) черноземы мучнистокарбонатные. Разделение мучнистокарбонатных черноземов на подтипы типичных и южных в горных условиях МНР, с нашей точки зрения, не целесообразно и практически невозможно. К тому же в Монголии переход от разреженных лиственничных лесов к сухим степям происходит очень быстро, и все постепенные этапы этого перехода пространственно сжаты, часть их практически выпадает.

Подтип: черноземы бескарбонатные или малокарбонатные.

Черноземы бескарбонатные или малокарбонатные формируются под лугово-степными ценозами в районах горной лесостепи. Наиболее

часто они встречаются в юго-восточной части Хэнтэя. Их гумусовый горизонт имеет темно-серую окраску, карбонатов в профиле нет или они появляются отдельными пятнами в нижней части профиля, где затруднен внутрипочвенный сток. Обычно они встречаются в почвах нижних частей склонов. В этом подтипе черноземов очень широко распространены признаки контактной луговатости и скопления тонких илистых частиц на поверхности щебня плотных пород, что является следствием суспензионного переноса мелких частиц вниз по профилю почвы в период сильных летних дождей.

Черноземы бескарбонатные или малокарбонатные содержат в верхней части гумусового горизонта до 7-10% гумуса, количество его с глубиной быстро уменьшается и уже в нижней части горизонта А составляет всего 3,0-3,5%. В составе гумуса количество гуминовых кислот лишь немногим превышает количество фульвокислот ($C_{г.к.}:C_{ф.к.}$ = 1,0-1,4). Основная масса гумусовых кислот связана с кальцием. Однако следует заметить, что это лишь единичные данные и по ним нельзя определить диапазон колебаний состава гумуса.

Реакция профиля черноземов бескарбонатных или малокарбонатных в верхних горизонтах слабокислая ($pH_{сол.}$ 6,0-6,5), а в нижних - нейтральная или щелочная (pH 7,0-8,4). Наименьшей величиной $pH_{сол.}$ характеризуется нижняя часть гумусового горизонта или самая верхняя часть горизонта В. Иногда в этом слое pH может опускаться до 5,5. Емкость поглощения черноземов этого подтипа в гумусовом горизонте может быть довольно высокой (35-37 мг-экв на 100 г почвы), при суглинистом составе почвы. Основная масса поглощенных оснований представлена кальцием и частично магнием. Аналитических данных по этому подтипу черноземов пока еще мало, поэтому приведенные характеристики в дальнейшем должны уточняться.

Черноземы бескарбонатные или малокарбонатные обладают высоким природным плодородием, они относительно лучше других степных почв обеспечены влагой, но территории их распространения подвержены ранним осенним заморозкам. Кроме того, горный характер рельефа часто не позволяет их использовать в земледелии. Большой процент общей площади этих почв представлен маломощными сильнощебнистыми родами. В случае пригодности территории для распашки черноземы бескарбонатные или малокарбонатные являются первоочередным фондом для освоения.

Подтип: черноземы мучнистокарбонатные

Черноземы мучнистокарбонатные формируются под разнотравно-злаково-степными ценозами. Встречаются они в Хэнтэе и Хангае. Их гумусовый горизонт имеет коричневато-темно-серую окраску; с глубиной в пределах гумусового горизонта коричневатые оттенки проявляются отчетливее; мощность горизонта А вследствие горного характера рельефа резко варьирует (15-50 см); часто встречаются почвы неполноразвитого профиля, сильноэродированные. Карбонатный горизонт залегает несколько ниже нижней границы гумусового, глу-

бина его залегания в профиле очень непостоянна, может резко изменяться даже в пределах одной стенки разреза. Верхняя граница карбонатного горизонта очень резкая. Вскипание большей частью начинается в слое, где обильны мучнистые выделения карбонатов. Их максимум находится у верхней границы карбонатного горизонта или несколько отступя от нее. Внутри горизонта распределение карбонатов тоже часто неравномерное, от этого зависит и неравномерность окраски карбонатного горизонта. Она обычно изменяется от белесо-палевой до мучнисто-белесой. Карбонатный горизонт очень плотен, обладает слабой водопроницаемостью, мощность его сильно варьирует (20–80 см и даже более), так же как и содержание карбонатов. Нижняя граница языковата, с глубиной количество карбонатов постепенно убывает. Часто на этом горизонте обрывается профиль мучнистокарбонатных черноземов, далее идет плита плотных пород, их дресва или щебень.

Черноземы мучнистокарбонатные обладают меньшим запасом гумуса по сравнению с предшествующим подтипом. В верхней части гумусового горизонта количество гумуса чаще варьирует в пределах 5–7%; в нижней части этого же горизонта оно опускается до 2–3%. В почвах супесчаного мехсостава количество гумуса еще меньше (3–5%). Отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот в черноземах мучнистокарбонатных около единицы (1,0–1,2).

Основная часть гуминовых кислот также связана с кальцием. Реакция в гумусовом горизонте нейтральная или слабокислая ($pH_{сол.}$ 6,5–7,0), в слое над карбонатным горизонтом иногда обнаруживается даже несколько большее подкисление ($pH_{сол.}$ 6,2–6,5), что, вероятно, связано со значительной биологической перекачкой оснований из этого слоя в гумусовый слой и вместе с тем с отсутствием существенных миграций почвенных растворов из карбонатного слоя в вышележащую толщу.

Емкость поглощения мучнистокарбонатных черноземов обычно невелика и даже в легкосуглинистых разновидностях редко превышает 20–25 мг-экв на 100 г почвы. Примерно 80% от суммы поглощенных оснований приходится на кальций, остальная часть представлена магнием и частично калием и натрием. Последнего обычно очень немного. Механический состав черноземов данного подтипа чаще легкосуглинистый или супесчаный, обычно они щебнисты, часто имеют неполноразвитый профиль, сильно смыты, так как расположены на довольно крутых склонах. Среди них также часто встречаются (хотя и реже, чем в черноземах бескарбонатных) признаки контактной луговости. Неоднородность профиля по механическому и валовому составу обусловлена в основном неоднородностью рыхлых толщ, что довольно обычно для почв Монголии.

Черноземы мучнистокарбонатные обладают высоким природным плодородием, но степень их освоенности (распаханности) невелика, чему препятствуют горный рельеф, сильная щебнистость и каменистость. Там, где эти препятствия отсутствуют (шлейфы склонов,

межгорные депрессии и т.д.), можно рекомендовать эти площади как первоочередной фонд для освоения.

В черноземах МНР выделяются следующие роды:

1) обычные – со свойствами, соответствующими приведенным выше описаниям, суглинистого или супесчаного гранулометрического состава. При названии почв название этого рода (обычный) опускается;

2) контактно-луговатые – почвы, развитые на неоднородных толщах, что вызывает временный застой и переувлажнение контактного слоя (или слоев) на границе двух разнохарактерных компонентов рыхлой толщи или в слое над плитой плотных пород. Контактная луговатость проявляется в появлении грязноватых тонов окраски, ржавых примазок и иногда в присутствии мелких, обычно единичных ржавых конкреций в контактном слое. Иногда в почвах этого рода наблюдается несколько повышенная гумусированность горизонта А;

3) рыхлопесчаные (слаборазвитые) – почвы, сформированные на песчаных наносах; они характеризуются слабой дифференциацией профиля на горизонты, растянутостью их, нечеткостью границ между ними;

4) маломощные (слаборазвитые) – почвы на маломощной сильнощебнистой толще элювия плотных пород.

При детальном картировании целесообразно делить черноземы на виды по мощности гумусового горизонта, механическому составу и степени щебнистости и эродированности, по крутизне склона, на котором они формируются.

В роде контактно-луговатых почв существенно различать контактно-луговатые (глубина контактного слоя 20-40 см) и контактно-глубинно-луговатые (контактный слой глубже 40-50 см).

Тип: лугово-черноземные длительно-сезонномерзлые.

Эти почвы встречаются в межгорных депрессиях лесостепной зоны в северных аймаках республики, под лугово-степной или остепненно-луговой растительностью с обильной надземной и корневой массой, с высокой степенью проективного покрытия (90-100%). Для районов, где формируются лугово-черноземные длительно-сезонномерзлые почвы, характерен приток влаги с окружающих территорий, имеющих более высокий уровень. Этот приток может осуществляться за счет как внутрипочвенного стока, так и поверхностного, проявляющегося в период ливневых осадков. Здесь может длительное время сохраняться горизонт верховодки, залегающий или на коренных породах, или на слоях более плотного грунта. Весной в профиле этих почв долго сохраняется мерзлота, но она залегает в июле-августа на глубинах 170-250 см, в зависимости от погодных условий года и характера грунта. Температурный режим этих почв не изучался, но весьма вероятно, что на отдельных участках мерзлота в этих почвах иногда может сохраняться круглогодично. В почвах тяжелого механического состава, возможно, даже могут существовать острова длительномерзлых грунтов. Этот вопрос не изучен, а поэтому пока мы условно относим эти почвы к длитель-

но-сезонномерзлым. Следует, однако, заметить, что введение в распашку этих почв существенно меняет их температурный режим. Темная поверхность пашни весной сильно прогревается и быстро просыхает; осадки летних дождей в распаханные почвы проникают быстрее и глубже, что также способствует быстрому прогреванию почв.

Профиль лугово-черноземных длительно-сезонномерзлых почв имеет следующее строение:

$A^{д}$ – дернина, т.е. слой гумусового горизонта, густо переплетенный корнями растений. В пахотных почвах отсутствует. Темно-серого цвета, во влажном состоянии черно-серый. Мощность 3–5 см;

A – гумусовый горизонт, темно-серый, мелкокомковатый, структура имеет не всегда одинаковую степень выраженности и прочности. Это в большинстве случаев связано с характером механического состава почв и степенью их щебнистости. Почвы легкого механического состава оструктурены всегда хуже. Нижняя груница гумусового горизонта не резкая, иногда языковата. Мощность горизонта варьирует в пределах 40–60 см;

$B_k$ – переходный к породе горизонт, имеет грязно-бурого тона окраску, комковато-мелкоореховатую структуру, несколько уплотнен, обычно влажен, очень различен по содержанию карбонатов: их может быть много, они встречаются как в мучнистой форме, так и иногда и в форме псевдомицелия, но могут и отсутствовать или встречаться в небольших количествах на отдельных участках, чаще в нижней части переходного горизонта; в этом случае его делят на подгоризонты B и $B_k$. В этом горизонте встречаются ржавые примазки, мелкие редкие марганцовисто-железистые стяжения, реже – признаки оглеенности (сизоватые примазки);

C – почвообразующая порода.

Степень переувлажнения лугово-черноземных длительно-сезонномерзлых почв невелика, и они могут без мелиоративных мероприятий использоваться в земледелии. Эти почвы характеризуются большим содержанием гумуса (до 14%), слабой степенью иссушения весной вследствие большего запаса влаги в толще профиля, имеют нейтральную или близкую к ней реакцию в гумусовом горизонте ($pH_{сол.}$ 6,5 – 7,0), высокую емкость обмена (24–45 мг-экв на 100 г почвы). Почвы подвержены влиянию заморозков (весенних и осенних), т.е. имеют короткий безморозный период, что при общей непродолжительности теплого периода в Монголии имеет крайне существенное значение и ограничивает возможности их использования. Лугово-черноземные длительно-сезонномерзлые почвы изучены еще очень слабо, поэтому дальнейшее их разделение на подтипы и роды пока не производилось.

Тип: каштановые почвы.

Почвы каштанового типа широко распространены на территории Монголии. Они формируются как в горных массивах, так и в равнинной части страны и встречаются в широком диапазоне широт и

высот (от 700 до 1600 м на севере республики и от 1600 до 2300 м на юге). Своеобразием географии каштановых почв Монголии является их распространение не только в пределах сухих степей, но и в ландшафтах своеобразной монгольской лесостепи, где они занимают обычно участки крутых склонов южной экспозиции. На юге страны они представлены только горными вариантами.

Каштановые почвы формируются под злаковой, полынно-злаковой, разнотравно-злаковой растительностью сухих и северной части опустыненных степей. Часто в растительных сообществах присутствует карагана.

Почвенный покров территории, где доминируют каштановые почвы, отличается значительным однообразием. Существующая неоднородность в почвенном покрове обычно связана с изменением состава почвообразующих пород - их мощностью, степенью щебнистости, гранулометрическим составом.

Профиль каштановых почв состоит из следующих генетических горизонтов:

A - гумусовый горизонт, темно-коричневого, коричневого или светло-коричневого цвета, со слабо выраженной комковатой структурой, обычно содержит щебень плотных пород. Нижняя граница горизонта A обычно четкая. Мощность его колеблется в разных подтипах от 15 до 35-40 см;

B - переходный горизонт, коричневато-бурого, палево-бурого или других цветов, в зависимости от окраски почвообразующей породы, довольно плотен, непрочной комковатой структуры. Мощность его может быть очень различной, в зависимости от гранулометрического состава почвообразующих пород (10-40 см). В нижележащий горизонт переходит очень резко;

$B_к$($BC_к$) - горизонт скопления карбонатов, переходный к породе. Окраска часто неоднородна, от белесо-палевой до белесой, и зависит от количества карбонатов на том или ином участке горизонта. Уровень верхней границы горизонта может сильно колебаться даже в пределах одной стенки разреза. Карбонатные выделения имеют мучнистый характер, они как бы пропитывают сплошь весь горизонт. Количество их иногда достигает 15-20% $CaCO_3$. На нижней поверхности щебня плотных пород существуют мощные (1-5 мм) карбонатные натеки со "свежими", хорошо сохранившимися кристаллами карбонатов, что свидетельствует о современной потечности карбонатов и о выкристаллизовывании их при просыхании почвенной толщи. Ниже следует почвообразующая порода (C). Иногда карбонаты в профиле каштановых почв отсутствуют, и тогда вместо $B_к$ продолжается горизонт B. В горных условиях каштановые почвы часто имеют укороченный, неполный профиль из-за малой мощности рыхлой толщи. Он может обрываться на любом из вышеперечисленных горизонтов. Характер и степень выраженности морфологических признаков и свойств в почвах каштанового типа варьируют в довольно широких пределах в зависимости от гранулометрического состава почвообразующих по-

род. В песчаных и супесчаных почвах мощность гумусового горизонта больше, глубже залегает карбонатный горизонт, но выражены они менее отчетливо.

Профиль каштановых почв Монголии лишен легкорастворимых солей и гипса, лишь иногда в нижней части профиля наблюдаются следы соды. Обычно сода присутствует в почвах шлейфовых участков склонов, обращенных в крупные депрессии, на террасах рек или в почвах, сформированных на основных породах. Появление соды в конце первого – начале второго метра, даже в небольших количествах, может иметь существенное значение при культивировании на этих почвах растений, чувствительных к щелочной реакции и имеющих глубокую корневую систему.

Водная вытяжка из почв каштанового типа содержит мало водорастворимых солей. Она колеблется в пределах 0,04–0,2%, при этом наибольшие величины ее (0,06–0,2%) обычно свойственны карбонатному горизонту и обязаны карбонатам кальция. Валовой химический состав мелкозема по профилю почти не изменяется, если однородна толща почвообразующих пород. Каштановые почвы восточных районов СССР (Забайкалье, Тувинская АССР) аналогичны по свойствам и условиям формирования каштановым почвам МНР. В классификации почв СССР они выделяются на правах самостоятельных провинциальных подтипов центральноазиатской (холодной) фации. Для почв этих подтипов характерны относительно малая мощность гумусовых горизонтов, высокое содержание фульвокислот в составе гумуса ($C_{г.к} : C_{ф.к}$ =0,6–0,9), отсутствие в профиле легкорастворимых солей и гипса, мучнистые формы карбонатных выделений, редкое проявление признаков солонцеватости, специфический характер почвообразования и, в частности, существование эпизодически проявляющегося сквозного промачивания почвенной толщи, длительное нахождение в замерзшем состоянии и сильное переохлаждение верхних горизонтов зимой.

В типе каштановых почв МНР выделяются три подтипа. Термин "мучнистокарбонатный" символизирует отнесение всех выделяемых подтипов к группе провинциального ряда почв степных территорий резко континентальных областей с муссонным характером распределения осадков.

Подтип: темно-каштановые мучнисто-карбонатные почвы.

Эти почвы формируются на равнинных территориях северной части сухих степей и в низкогорных массивах полосы контакта леса и степи, где они встречаются в сочетании с черноземами и дерново-таежными почвами, располагаясь по склонам теплых экспозиций и днищам межгорных сухостепных депрессий под разнотравно-злаковыми ценозами. Проективное покрытие составляет 60–80%.

Для темно-каштановых мучнистокарбонатных почв нормального (не эродированного) профиля характерна относительно большая мощность гумусового горизонта (до 35–40 см), с содержанием гу-

муса в верхней части горизонта А до 3,0–4,5%, а в нижней – 2,0–3,0%. Окрашен он в темно-коричневый цвет, в нижней части появляются буроватые оттенки. Нижняя граница четкая, но не резкая. Карбонатный горизонт обычно залегает несколько ниже нижней границы горизонта А, между ними выделяется горизонт В, который имеет относительно небольшую мощность (10–20 см), комковатую структуру, палевую или палево-бурую окраску, несколько уплотнен. Карбонатный горизонт может быть разной мощности и степени выраженности, но чаще его мощность варьирует в пределах 50–80 см. Иногда большое содержание $CaCO_3$ может наблюдаться и в почвообразующих породах. Морфологический облик карбонатного горизонта зависит от количества содержащихся в нем карбонатов. Он имеет мучнисто-белый цвет при большом содержании карбонатов (20–25%) или белесо-палевый, когда их количество не превышает 6–8%. Часто окраска карбонатного горизонта пятниста – чередуются белесые и палевые участки.

В почвах низкогорий, расположенных в пределах контактной полосы леса со степью, на вершинах сопок и хребтов, на участках с малой мощностью и сильной щебнистостью рыхлой элювиально-делювиальной толщи карбонаты в профиле отсутствуют. Вся мощность почвенного профиля составляет здесь всего 20–40 см, ниже залегает плита плотных пород. Такие почвы выделяются в качестве самостоятельного рода. Реакция темно-каштановых мучнистокарбонатных почв в горизонтах А и В близка к нейтральной ($pH_{вод.}$ = 6,6–7,0), а в горизонтах $B_к$ и С – щелочная (pH 8,4 – 9,0). Сумма воднорастворимых солей равна 0,04–0,06% в верхней части профиля и 0,06–0,08% в карбонатном горизонте. Емкость поглощения в гумусовом горизонте суглинистых почв достигает 20–25 мг-экв на 100 г почвы.

Подтип: Каштановые мучнистокарбонатные почвы.

Эти почвы формируются в южной части сухих степей под злаковыми и полынно-злаковыми сообществами с участием караганы, а также по крутым южным склонам в полосе контакта леса и степи. Проективное покрытие почвы растительностью составляет всего 40–50%.

От подтипа темно-каштановых мучнистокарбонатных почв отличаются более светлой окраской и меньшей мощностью гумусового горизонта (20–25 см), а также более низким содержанием гумуса в нем (до 2,5–3,0% в суглинистых почвах и 2,5–2,0% в супесчаных). Карбонатный горизонт ($B_к$) часто залегает непосредственно под гумусовым, т.е. в этих случаях горизонт В выпадает из профиля. Максимальное содержание $CaCO_3$ отмечается у верхней границы карбонатного горизонта ($B_к$) или несколько ниже ее. Распределение карбонатов часто бывает неравномерным, отчего может быть неравномерна и окраска горизонта. Реакция в верхней части профиля нейтральная (pH в горизонте А 6,8–7,2), ниже – щелочная. Емкость поглощения в суглинистых почвах даже в гумусовом горизонте редко превышает 12–15 мг-экв на 100 г.

В каштановых мучнистокарбонатных почвах восточных равнинных районов МНР и Прихинганья (восточнее г. Арбай-Хэрэ) часто встречаются признаки бывшей более гумусированной стадии (относительно темно окрашенные участки в нижней части гумусового горизонта или непосредственно под ним). Содержание гумуса в темных участках достигает 4,0-5,0%. Эти почвы выделяются в самостоятельный род "остаточно-луговых"; они пока еще слабо изучены.

Подтип: светло-каштановые мучнистокарбонатные почвы.

Эти почвы формируются в северной части опустыненных степей и непосредственно граничат на юге с бурыми пустынно-степными почвами. Они развиваются под злаково-ковыльковой растительностью с примесью лука, караганы, полыней. Проективное покрытие обычно не превышает 20-30%, т.е. значительная часть поверхности обнажена. На этих участках на поверхности почв образуется очень хрупкая слоеватая корочка, толщиной 0,5-0,8 см. Гумусовый горизонт имеет светло-каштановую окраску, выделяется в профиле заметно, но не резко, мощность его в неэродированных почвах обычно не превышает 10-25 см, а часто бывает и меньше (6-8 см). Содержание гумуса в суглинистых разновидностях достигает 2,0-2,5%, а в супесчаных - обычно не более 1,5-2,0%. Почвы вскипают под гумусовым горизонтом или даже в нижней его части, но не содержат в профиле легкорастворимых солей. Сумма водорастворимых веществ достигает в карбонатных горизонтах всего 0,1-0,2%. Реакция по всему профилю щелочная и лишь в верхней части гумусового горизонта может быть нейтральной (pH в горизонте А 7,0-7,5, ниже - 8,4 - 9,0). Емкость поглощения обычно низкая (8-12 мг-экв на 100 г почвы), гумусовый горизонт по этому показателю мало отличается от нижележащих.

Внутри каждого подтипа по совокупности свойств, обусловленных влиянием почвообразующих пород или признаков, оставшихся от предшествующих фаз почвообразования, выделяются следующие роды почв:

1) обычные суглинистые почвы по свойствам соответствуют приведенным выше подтипам. При названии почв наименование рода ("обычный") опускается;

2) остаточно-луговые почвы отличаются от рода обычных наличием в профиле более темного (по сравнению с горизонтом А) гумусового горизонта, лежащего под горизонтом А или в его нижней части, унаследованного от предшествующей более гумидной стадии формирования. Такие почвы обычно встречаются на плоских поверхностях или пологих склонах к межгорным котловинам. Обычно они суглинистого механического состава. По содержанию гумуса более темный горизонт близок к горизонту А или даже богаче его (на 0,5-1%);

3) солонцеватые почвы имеют черты солонцеватости в виде уплотнения и ореховатой или глыбистой структуры горизонта $B_{сн}$. В составе поглощенных оснований содержится небольшое количество поглощенного натрия (от 1-2 до 5% емкости обмена). Механический состав обычно суглинистый;

4) контактно-луговые почвы формируются на породах двучленного профиля; песчаные и супесчаные отложения мощностью менее 1 м залегают на суглинистых отложениях или плотных породах. Почвы имеют несколько повышенную гумусность и признаки переувлажнения (слабые редкие ржавые и сизоватые пятна) на месте контакта пород разного механического состава;

5) поверхностно-карбонатные почвы характеризуются вскипанием от HCl с поверхности или в пределах гумусового горизонта. Высокая карбонатность может возникать по ряду причин, в том числе и вследствие привноса карбонатов с прилегающих более высоких поверхностей;

6) маломощные (слаборазвитые) почвы имеют горизонт А, равный 5-10 см, и горизонт В, равный 12-15 см. Формируются на склонах с выраженной эрозией. Обычно почвы щебнистые, с близким (на глубине 0,25-0,5 м) подстиланием плотных пород;

7) рыхлопесчаные (слаборазвитые) почвы развиты на слабозакрепленных песчаных отложениях, имеют слабо дифференцированный профиль. Мощность горизонта А равна 25-30 см; ниже выделяется горизонт В мощностью до 40-50 см (иногда больше), глубже, в толще песков, выделяются мучнистые карбонаты. Иногда карбонаты в профиле почв и в песчаной толще не обнаруживаются;

8) бескарбонатные почвы встречаются на маломощном сильнощебнистом элювии некарбонатных пород. Наиболее широко они распространены в зоне лесостепи. Классификационное положение их не совсем ясно; возможно, что при дальнейшем, более детальном изучении этих почв возникнет необходимость изменить их таксономический уровень.

При выделении этого рода почв из названия подтипа опускается слово "мучнистокарбонатный" (например, темнокаштановая бескарбонатная).

Тип: лугово-каштановые мучнистокарбонатные почвы.

Эти почвы формируются на пологих шлейфах склонов, верхних речных террасах, в межсопочных понижениях в пределах зоны сухих степей, т.е. при дополнительном притоке влаги с прилегающих высоких поверхностей, вызывающем сезонное повышенное увлажнение почв. Часть теплого периода года или даже в течение нескольких сухих лет подряд эти почвы могут находиться в условиях увлажнения, характерного для почв каштанового типа, но в относительно влажные годы они глубоко промачиваются, а в понижениях рельефа на территории их распространения может образовываться кратковременная верховодка.

Иногда в глубинных горизонтах лугово-каштановых мучнистокарбонатных почв присутствуют ржавые пятна и сизые примазки, но чаще их морфологическое отличие от каштановых почв ограничивается серым (а не каштановым) тоном окраски гумусового горизонта, неясностью, "размазанностью" нижней его границы, существованием под ним горизонта В, несколько также прокрашенного гумусом и поэтому имеющего грязноватый оттенок.

Для лугово-каштановых мучнисто-карбонатных почв характерна злаково-разнотравная растительность, а проективное покрытие здесь достигает 60-80%.

Профиль характеризуется следующим строением:

А - гумусовый горизонт мощностью 30-50 см, темно-серого цвета с теплым коричневатым оттенком, комковатой структуры, с постепенным переходом в нижележащий горизонт;

В - буровато-сероватого или серовато(грязно)-бурого цвета, мелкокомковатой структуры, мощностью 20-30 см. Нижняя граница неровная, иногда карманистая;

$В_к$ - карбонатный, буровато-белесый или белесый, карбонаты в виде мучнистых выделений. На глубине 100-120 см иногда наблюдаются мелкие буровато-ржавые пятна, обычно этот горизонт влажный.

При неоднородности пород по механическому составу переувлажнение выражено резче. В горизонте А содержание гумуса от 3 до 5-6%, нейтральная или щелочная реакция. В почвенном поглощающем комплексе преобладают кальций и магний. В типе лугово-каштановых почв выделяются следующие роды:

1) обычные почвы развиты на суглинистых почвообразующих породах с дополнительным увлажнением пресными водами. Слово "обычные" при описании опускается;

2) солонцеватые почвы формируются при влиянии минерализованных грунтовых вод, содержащих легкорастворимые соли, или на засоленных почвообразующих породах. В этих случаях в лугово-каштановых почвах появляется ореховатый уплотненный горизонт и в почвенном поглощающем комплексе обнаруживается натрий. Глубина залегания солонцеватого горизонта может варьировать в широких пределах в зависимости от местных условий (рельефа, пород и т.д.), но чаще он встречается на глубине 20-30 см. Лугово-каштановые солонцеватые почвы формируются на породах суглинистого механического состава;

3) остепняющиеся почвы распространены на территориях, где произошло изменение водного режима (опустился уровень грунтовых вод) и происходит постепенная смена лугово-степного режима степным. В этом случае в почве начинает резко проявляться весенний дефицит влаги, происходит земена лугово-степных формаций степными, в верхней части гумусового горизонта появляются буровато-коричневые оттенки, уменьшается количество гумуса. Параллельно с этим обычно опускается и глубина вскипания по сравнению с таковой в обычных лугово-каштановых почвах.

Лугово-каштановые остепняющиеся почвы имеют горизонт А мощностью 20-25 см, темно-каштанового и серовато-каштанового цветов, ниже развит горизонт АВ каштаново-бурый, с сероватыми тонами вследствие слабой гумусированности. Ниже лежит карбонатный горизонт. Глубина залегания карбонатов сильно варьирует в зависимости от механического состава. Признаки переувлажнения

(сизоватые и ржавые пятна) обнаруживаются над карбонатным горизонтом, но иногда и под ним. Обычно эти почвы формируются на слоистых супесчано-суглинистых отложениях.

Тип: луговые почвы.

Гидроморфные почвы степи и лесостепи формируются в условиях постоянного повышенного увлажнения, вследствие чего интенсивно развиваются дерновый и глеевый процессы. Переувлажнение чаще всего вызывают воды местного стока различной степени минерализации, образующие почвенно-грунтовую верховодку на глубине 100-200 см. Водоупором часто служат плотные породы или мерзлотные грунты. Эти почвы развиваются в отрицательных формах равнинного рельефа, на надпойменных террасах, в межгорных депрессиях. Они формируются под луговым разнотравьем, осоками, луговыми злаками и т.д.; иногда в состав растительности входят древесно-кустарниковые породы.

Луговые почвы имеют хорошо развитый темно-серый гумусовый горизонт А мощностью 15-50 см, с обильным содержанием корней, часто образующих плотную дернину. Ниже залегает горизонт В или АВ буро-серого цвета, с сизоватыми и ржавыми пятнами и марганцево-железистыми стяжениями. С глубиной количество сизых и ржавых пятен и стяжений увеличивается. Иногда в этом горизонте содержатся карбонаты в виде гнезд и сплошной пропитки. В горизонте С на глубине 1 м выделяется глеевый сизовато-ржавый горизонт. Почвы содержат много гумуса, количество его варьирует в значительных пределах (8-18%), в зависимости от механического состава, степени увлажнения и географического положения. Характерна сезонная изменчивость степени увлажнения.

Выделяются роды:

1) обычные - формируются на суглинистых почвообразующих породах под влиянием пресных вод;

2) засоленные - формируются под влиянием избыточного увлажнения водами, содержащими легкорастворимые соли. В профиле почв на глубине 20-30 см обнаруживаются накопления легкорастворимых солей, соды и карбонатов. Обычно эти почвы вскипают с поверхности. Иногда появляются признаки солонцеватости в нижней части гумусового горизонта;

3) остепняющиеся почвы - для них характерно появление степных видов в составе растительности вследствие нарастания сухости, а в профиле почв признаки оглеения опускаются до нижней границы переходного горизонта АВ и обнаруживаются в горизонтах ВС и С: содержание гумуса и степень задернованности уменьшаются по сравнению с обычным родом луговых почв.

Тип: бурые пустынно-степные почвы.

На территории Монголии значительно распространены бурые пустынно-степные почвы - в северной и восточной части пустыни Гоби они занимают довольно широкую (до 300 км) полосу, в пределах же Заалтайской и Джунгарской части простираются узкой полосой, охватывая южные "бэли" Монгольского Алтая.

Среднегодовое количество осадков здесь не превышает 100–150 мм, из которых 70–80% приходится на летний период, причем осадки часто имеют ливневый характер. В многолетнем ходе количества осадков отмечаются значительные колебания: при резко выраженном летнем максимуме нередки очень сухие периоды, когда растительность практически прекращает вегетацию и территории выглядят пустынными. В то же время в отдельные летние месяцы выпадает до 40–70 мм осадков, и в эти периоды почвы промокают до 20–40 см, а влага на таких глубинах сохраняется довольно продолжительное время. В подобные периоды рассматриваемые территории "оживают", они покрываются изумрудно-зеленым растительным покровом.

Такая неравномерность в увлажнении на фоне резких колебаний годового и суточного температурных режимов чрезвычайно резко влияет на весь спектр биологических процессов, а следовательно, и процессов почвообразования.

Благодаря ярко выраженным процессам дефляции на поверхности бурых почв Монголии формируется своеобразный песчано-щебнистый "панцирь". Он образуется в результате выноса мелкоземистой части с поверхности почвы и концентрации здесь более крупных фракций песка и щебня; иногда появление его связано с наеванием песчаного материала. Следует отметить, что мощность песчаного "панциря" существенно варьирует (5–20 см), но даже при самой незначительной его мощности (1 см) этот слой сильно влияет на тепловой режим почвы. Как показали исследования, поверхность "панциря" летом может нагреваться в дневные часы до 60–65°С, в то время как слой мелкозема под ним имеет температуру, не превышающую 35–40°С. Увеличиваясь в мощности, поверхностный песчаный нанос существенно меняет и режим влажности почв, а это в свою очередь изменяет строение профиля.

Основными компонентами растительных сообществ опустыненных степей являются своеобразные дерновинные злаки – гобийские ковыльки (Stipa gobica, S. glareosa), луки, а также полукустарники и кустарники. Соотношение их в подзонах различно, однако общей чертой растительности как фактора почвообразования следует считать невысокое проективное покрытие и резкое преобладание подземной части растений над надземной.

Значительный прогрев слабо затененной поверхности почв и ее верхних горизонтов, а также высокая минерализация растительных остатков надземной части и прилегающей к поверхности корневой массы, что обусловлено сухим и жарким климатом, определяют своеобразное накопление и перераспределение органического вещества в бурых почвах. Морфологическое строение гумусового горизонта здесь отличается от строения степных почв. Так, в бурых почвах максимальное скопление гумуса наблюдается не с поверхности, а несколько глубже, где гидротермический режим оптимален для активных биологических процессов.

Строение профиля бурых почв следующее:

Э ("панцирь") – слой рыхлого песка, щебня и дресвы. Мощность варьирует от 0,5 до 20 см. Песчаные наносы обычно содержат незначительное количество щебня и дресвы и более мощны;

К (корочка) – довольно плотный слой, но при надавливании легко разрушается. По характеру сложения различаются корочки непористые или со слабо выраженной, пятнисто проявляющейся мелкой пористостью, а также крупно- или даже ноздревато-пористые. Последние характерны для более аридных подтипов этого типа почв. В почвах легкого механического состава (пески, легкие супеси) и в почвах с мощным эоловым наносом корочка или слабо выражена, или отсутствует. Мощность корочки варьирует от 0,7–0,8 до 3–4 см;

П/К (подкорочка) – несколько осветленная прослойка под корочкой. Степень выраженности в разных подтипах различна. Может совсем отсутствовать или прослеживаться только на отдельных участках стенки разреза. Мощность ее варьирует от 0,5 до 5 см. Она имеет листоватую или плитчато-чешуйчатую структуру, рассыпчата. Вскипает от HCl. Переход в нижележащий горизонт отчетлив, граница ровная;

(А)В – несколько оглиненный и уплотненный горизонт, в большинстве случаев выражен не очень резко. К нему приурочена основная масса тонких корней растений и наибольшее количество гумуса, хотя и здесь оно невелико (0,6–1,2%). Структура комковатая, может иметь элементы ореховатости; обычно вскипает от HCl. Мощность редко превышает 15–20 см. Переход ясный;

$В_К$ – горизонт максимального скопления карбонатов. Повышенное содержание карбонатов связано как с характером рыхлых наносов, так и с их привносом из вышележащих горизонтов. Морфологически различается в зависимости от состава и свойств почвообразующих пород. Обогащен мучнистыми выделениями карбонатов, их количество и характер распределения могут сильно варьировать, но часто максимальное содержание приурочено к верхней части горизонта. Иногда встречается белоглазка;

С – почвообразующая порода.

Профиль бурых пустынно-степных почв по степени дифференциации может быть различен. Менее четки, более монотонны почвы легкого механического состава, а также почвы, расположенные в северной части зоны.

Индексировка горизонтов, приведенная при характеристике профиля описываемых почв, пока не является общепринятой и предлагается впервые. В ней сделана попытка соединить простоту индекса с его генетическим или смысловым звучанием (Э, К, П/К). Наиболее сложным оказался индекс (А)В. В ряде публикаций, характеризующих бурые пустынно-степные почвы СССР, этот горизонт обозначается индексом А. Для почв МНР такой индекс вряд ли был

бы правилен. Обозначением этого горизонта индексом сложного состава подчеркивается его комплексная природа – оглинивание (В) наряду с максимальным в профиле содержанием гумуса (А). Бурые пустынно-степные почвы обладают малой емкостью обмена (8–12 мг-экв на 100 г почвы), обусловленной легким механическим составом и малым количеством гумуса. В составе поглощенных катионов преобладает кальций (70–90%), иногда присутствует в небольших количествах натрий; почвы имеют нейтральную или слабощелочную реакцию в верхних горизонтах (pH 7,0–8,4) и щелочную в нижних (pH = 8,4–9,0). Сумма солей в водной вытяжке из этих почв даже в нижней части профиля редко превышает 0,1–0,2%, т.е. они практически лишены легкорастворимых солей. Количество карбонатов наибольшее в средней части профиля ($B_к$), но иногда их может быть много и в почвообразующей породе. Признаки солонцеватости в бурых пустынно-степных почвах Монголии встречаются относительно редко, только при засоленности пород. В типе бурых пустынно-степных почв выделяется два подтипа – бурые пустынно-степные и бурые остепненно-пустынные.

Подтип: бурые пустынно-степные почвы.

Этот подтип почв формируется под растительностью с господством дерновинных растений (злаков и луков), образующих своеобразные центральноазиатские пустынные степи. Различные типы растительных сообществ на рассматриваемой территории характеризуются невысоким проективным покрытием – 15–18%.

Для подтипа бурых пустынно-степных почв характерна относительно слабая дифференциация профиля на генетические горизонты, палево-бурые и бурые тона окраски, монотонный облик всей почвенной толщи. Корочка и подкорковый горизонт выражены в большинстве случаев нерезко. Мощность корочки 1,0–1,5 см, пористости в ней либо нет, либо она наблюдается только на отдельных участках, поры мелкие. При большой мощности панциря, а также в песчаных почвах горизонты К и П/К могут быть выражены крайне слабо или даже совсем отсутствовать.

Горизонт (А)В уплотнен слабо, имеет непрочную комковатую структуру и довольно отчетливо переходит в горизонт максимального скопления карбонатов, очень плотный, несколько сцементирован карбонатами, обладает слабой водопроницаемостью. Карбонаты встречаются в основном в форме мучнистых выделений. Вскипание в описываемом подтипе почв обычно начинается на глубине 5–10 см, но на относительно молодых поверхностях (озерных террасах, молодых конусах выноса и т.д.) и в почвах, сформированных на карбонатных породах, оно может начинаться с поверхности. Содержание гумуса 0,8–1,2, редко 1,5%, причем наибольшее его количество находится в горизонте (А)В. Отношение $C_{г.к.}:C_{ф.к.}$ меньше единицы. Сумма поглощенных оснований составляет 5–8 мг-экв на 100 г почвы, а в песчаных почвах еще меньше. Почвы не засолены (сумма солей менее 0,1%), гипс в профиле отсутствует.

Подтип: бурые остепненно-пустынные почвы. Эта подзона занимает более южное положение. Большое место в подзоне занимают эоловые образования, на которых формируются рыхлопесчаные почвы, закрепленные и развеваемые пески.

Наиболее характерны для данной подзоны злаково-полукустарниковые и злаково-кустарничковые ценозы с проективным покрытием 10-15%. На песчаных почвах встречаются сообщества, характерные для подзоны бурых пустынно-степных почв. Пустынный характер в строении профиля рассматриваемых почв выражен более четко, чем в подзоне бурых пустынно-степных почв. В них под маломощным песчано-щебнистым "панцирем" хорошо выделяются пористая или ноздревато-пористая корочка (1,0-1,5 см) и листовато-чешуйчатый подкорковый горизонт палевого цвета мощностью 2-4 см. Вскипают почвы, как правило, с поверхности. Горизонт (А)В имеет характерный красновато-бурый оттенок и несколько уплотнен. Структура комковато-ореховатая, довольно прочная, горизонт выделяется отчетливо. Содержание гумуса составляет примерно 0,4-0,8%. Это максимальное количество по сравнению с другими горизонтами профиля. В составе гумуса преобладают фульвокислоты, связанные с кальцием. Бо́льшая часть почв не засолена легкорастворимыми солями, однако среди солонцеватых почв наблюдается слабое засоление и очень редко в горизонте С в небольших количествах появляется гипс.

В пределах типа бурых пустынно-степных почв выделяются следующие роды:

1) обычные. Морфологические и физико-химические свойства этих почв в общем соответствуют типовому описанию. При названии их слово "обычные" опускается;

2) солонцеватые. Встречаются чаще в понижениях ("тойримах") или на участках, где в мелкоземистой толще содержится примесь засоленных красноцветных глин. Развиваются под ковыльково-баглуровыми, луково-баглуровыми или борбодургановыми ассоциациями. От рода обычных отличаются наличием в профиле солонцеватого горизонта $B_{СН}$, который характеризуется высокой плотностью, прочной крупноореховатой или даже глыбистой структурой. Он располагается в профиле на месте горизонта (А)В или под ним. В составе поглощенных оснований в солонцевом горизонте присутствует натрий, количество которого может достигать 2-4 мг-экв на 100 г почвы, что составляет 10-20% от емкости обмена. Довольно часто встречаются солонцеватые почвы с крайне малым содержанием поглощенного натрия (менее 1 мг-экв на 100 г почвы). В этом случае можно предполагать, что солонцеватость имеет остаточный характер. Иногда в нижней части профиля солонцеватых почв в небольших количествах содержатся легкорастворимые соли сода;

3) рыхлопесчаные (слабо дифференцированные). Развиваются под кустарниково-злаковой растительностью со значительной примесью псаммофитов. Они отличаются слабой дифференциацией профиля на

генетические горизонты, в них практически не развита корочка (К) и подкорковый (П/К) горизонт, они бесструктурны, граница вскипания несколько понижена, а содержание карбонатов в горизонте максимального скопления не превышает 1%. Гранулометрический состав характеризуется преобладанием фракций тонкого песка, щебнистость обычно отсутствует. По сравнению с другими эти почвы обладают удовлетворительными водно-физическими свойствами, практически почти вся содержащаяся в них влага биологически доступна;

4) занесенные песчаным наносом. Отличаются наличием на поверхности довольно значительного слоя несколько уплотненного (т.е. в настоящее время не подверженного постоянному перевеванию) песка. Мощность его чаще не выходит за пределы 5-20 см. Присутствие эолового наноса изменяет водный и температурный режим почв. Влага на поверхности почвы (т.е. под слоем наноса) сохраняется несколько дольше, поэтому здесь происходит концентрация тонких корней растений, корочка и подкорочка постепенно исчезают. При большой мощности эолового наноса (15-20 см) в его толще начинают постепенно вновь формироваться генетические горизонты;

5) маломощные (слаборазвитые). Широко распространены в районах гобийского мелкосопочника. Они формируются на маломощной сильнощебнистой толще элювия плотных пород, их профиль обычно не превышает 30-40 см, глубже залегает толща плотных пород. Типовые черты в профиле почв этого рода выражены не всегда отчетливо из-за сильной щебнистости грунта и малой мощности рыхлых отложений. В крайне слабо развитых профилях типовая принадлежность почв определяется по соседним, более четким, более полным профилям;

6) сайровые (примитивные). Формируются на подгорных наклонных равнинах в сайрах различного размера. Это относительно молодые почвенные образования, развивающиеся под воздействием периодических процессов отложения и перераспределения пролювиальных наносов. Профиль сайровых почв не дифференцирован или дифференцирован очень слабо. В них наблюдается чередование различных по механическому составу и каменистости слоев. Во влажные годы в них возможен внутрипочвенный приток влаги.

Тип: серо-бурые пустынные почвы.

Своеобразие монгольских пустынных почв отмечают многие авторы, при этом они подчеркивают крайнюю аридность, специфику гидрометрического режима этой зоны, своеобразие ее растительного покрова. Полученные нами данные подтверждают эти выводы.

Зона серо-бурых пустынных почв отличается крайней засушливостью, среднегодовая сумма осадков колеблется в пределах 50-100 мм, по годам их количество резко варьирует. Бывают периоды, когда осадки не выпадают и растительность практически не вегетирует. Вместе с тем в отдельные годы возможны летние обильные дожди, в результате которых пышно вегетируют однолетники. В целом растительный покров на серо-бурых пустынных почвах отличается господством полукустарничков и кустарничков, злаки и

луки практически отсутствуют. Проективное покрытие почвы растительностью крайне незначительно и обычно не превышает 3–8%. Среди почвообразующих пород распространены щебнистые и каменистые пролювиальные, делювиальные и элювио-делювиальные отложения. Местами рыхлые отложения близко подстилаются палеогеновыми глинами и суглинками с прослоями шестоватого гипса (Заалтайская Гоби).

В пустынной зоне довольно широко распространены эоловые слабо закрепленные и незакрепленные пески.

Профиль серо-бурых пустынных почв имеет следующее строение:

Э – щебнисто-дресвянистый "панцирь" с крупнозернистым песком, мощность его незначительна и в среднем не превышает 0,5–1,0 см;

К – светло-палевая, пористо-ноздреватая или ноздреватая (сухарного вида) прочная корочка мощностью до 1,5–3 см. Обычно бурно вскипает от HCl. Нередко анализы показывают высокое содержание в ней карбонатов;

П/К – белесовато-палевая листовато-чешуйчатая, иногда пластинчатая подкорочка мощностью до 5–7 см;

В – красновато-бурый плотный горизонт с глыбисто-комковатой структурой, прочность его, возможно, обязана железистой цементации. Содержит карбонаты кальция, количество их сильно варьирует в зависимости от содержания в почвообразующей породе. Это наиболее гумусированный горизонт в профиле, но тем не менее количество гумуса в нем невелико (0,3–0,6%). Гумус имеет фульватный состав.

Ниже залегает почвообразующая порода, она может быть различной. В профиле серо-бурых пустынных почв часто наблюдаются два максимума в распределении карбонатов; верхний, расположенный в нижней части корочки, и нижний – в горизонте В. Содержание карбонатов в корочке может достигать 4–5%; в случае низкого содержания карбонатов в почвообразующей породе верхний их максимум выражен более отчетливо, чем нижний (2–3%). Реакция по всему профилю щелочная ($pH_{сол.}$ 9,3–9,0). Емкость поглощения низкая (6–12 мг-экв на 100 г почвы), среди поглощенных оснований преобладает кальций (70–90% от емкости обмена), присутствует и натрий, но содержится в несолонцеватых родах в небольших количествах (1–3% от емкости).

В типе серо-бурых пустынных почв выделяются два подтипа – серо-бурые безгипсовые и серо-бурые слабогипсоносные.

Подтип: серо-бурые пустынные безгипсовые.

Эти почвы занимают значительную часть пустынь МНР, причем преобладают они в Восточной и Алашанской Гоби и частично в восточной части Заалтайской Гоби. В растительном покрове здесь распространены главным образом баглуровые и хойроговые сообщества. Сообщества с преобладанием хойрога (Potaninia mongolica) характерны для легкосупесчаных разновидностей. Уплотненный крас-

но-бурый горизонт В в серо-бурых почвах обычно не превышает 20 см, за исключением песчаных разновидностей. Содержание гумуса в нем колеблется в пределах 0,2-0,5%.

Содержание гипса в профиле обычно не обнаруживается, и лишь изредка в подстилающей породе встречаются незначительные выделения его в виде мелких кристаллов. Содержание легкорастворимых солей в профиле серо-бурых пустынных безгипсовых почв низкое (до 0,1-0,2%), а состав - хлоридно-сульфатный.

Подтип: серо-бурые пустынные слабогипсоносные. Эти почвы широко распространены лишь в Заалтайской и Джунгарской Гоби. В Алашане они занимают самые южные районы. Общей чертой растительности на почвах, относимых к этому подтипу, является крайняя степень разреженности сообществ. Проективное покрытие составляет не более 1-3%. Обычно это моновидовые поселения многолетних солянок. Профиль почв ясно дифференцирован, хорошо выделяется пористо-ноздреватая корочка, чешуйчато-листоватый подкорковый горизонт, резко выделяется горизонт $B_t$ по красновато-бурому цвету, плотному сложению и мелкоглыбковой структуре. Хорошо выражена трещиноватость в почвах, а выцветы солей и гипса приурочены к этим трещинам. Следует отметить также, что в слабогипсоносных почвах имеются два максимума выделений карбонатов, один из которых наблюдается в нижней части подкорки, а другой - в горизонте $B_t$. Верхний максимум, как правило, содержит больше карбонатов (4-5%), чем нижний (2-3%), а с глубиной карбонаты постепенно убывают. В профиле наблюдаются легкорастворимые соли и гипс. Количество легкорастворимых солей в верхнем полуметровом слое составляет 0,3-0,7%, гипса - 0,2-0,3%. В то же время нередко в подстилающей породе выделяются прослои шестоватого гипса.

Среди типа серо-бурых пустынных почв выделяются следующие роды:

1) обычные - со свойствами, соответствующими описанию подтипов серо-бурых пустынных почв;

2) рыхлопесчаные - отличаются очень слабой дифференциацией профиля, его бесструктурностью и не имеют морфологически выраженных корочки и подкоркового горизонта. Характерными видами растительных сообществ здесь являются кустарники ( Calligonum mongolicum, Salsola arbuscula) и полукустарнички (Artemisia xerophytica). Почвы этого рода содержат незначительное количество легкорастворимых солей (0,03-0,05%), они слабокарбонатны.

Содержание $CO_2$ карбонатов в верхних горизонтах составляет 0,5-0,7%, а в горизонте максимального их скопления (обычно на глубине 100-120 см) - в пределах 1,0-1,5%. Емкость поглощения крайне низка (до 5 мг-экв). Рыхлопесчаные почвы содержат обычно мало щебня. В них происходит накопление влаги за счет конденсации паров воздуха, что обусловливает более сомкнутый и богатый по составу растительный покров;

3) солонцеватые – приурочены к пологонаклонным пониженным равнинам, часто на маломощном щебнистом пролювии, подстилаются засоленными породами или их эловием. Морфологическое строение солонцеватых почв характеризуется резкой дифференциацией профиля.

Иллювиальный горизонт этих почв очень плотен, с характерной ореховато-призмовидной структурой и глянцеватой пленкой на поверхности структурных отдельностей. По выраженности иллювиального горизонта (его плотности и структуре) среди почв данного рода можно выделить слабосолонцеватые, солонцеватые и сильносолонцеватые виды. Поглощенный натрий в иллювиальном горизонте колеблется от 5–6% емкости обмена в слабосолонцеватых до 15–18% в сильносолонцеватых почвах. Аналитически солонцеватость подтверждается и повышением щелочности в иллювиальном горизонте, а также относительным обогащением его илистой фракцией. Кроме того, в рассматриваемых почвах наблюдается относительно повышенное содержание легкорастворимых солей в иллювиальном горизонте, а иногда и гипса в почвообразующей породе;

4) слаборазвитые (маломощные) – формируются под кустарниковой и полукустарничковой растительностью с единичными экземплярами злаков. Имеют крайне укороченный профиль (15–20 см), подстилаются плотными породами и содержат значительное количество щебня и камней;

5) занесенные песчаным наносом – занимают небольшие контуры (3–5 $м^2$) и являются подчиненным компонентом в сочетании с зональными серо-бурыми пустынными почвами. Приурочены к участкам с довольно мощным (5–7 см и более) эоловым песчаным наносом на поверхности.

В растительном покрове распространены аяниево-эфедровые и змеевково-пижмовые группировки с участием злаков и многолетних солянок. Профиль почв слабо дифференцирован, корочка и подкорочка отсутствуют. Почвы обладают высокой водопроницаемостью, вскипают с поверхности, но малокарбонатны. Содержание гумуса убывает с глубиной постепенно, от 0,5–0,6% в верхней части до 0,2–0,3% на глубине 35–45 см;

6) сайровые (примитивные) – формируются на подгорных наклонных равнинах в сайрах различного размера. Это относительно молодые почвенные образования, развивающиеся под воздействием периодических процессов отложения и перераспределения пролювиальных наносов.

Профиль сайровых почв дифференцирован очень слабо, в них наблюдается чередование слоев различного механического состава и различной каменистости. В период сильных дождей может существовать внутрипочвенное подпитывание влагой, стекающей с горных массивов.

Тип: серо-бурые крайне аридные почвы.

Формируются на наиболее засушливой территории с суммой осадков, не превышающей 50 мм в год. Занимают водораздельные равнины (мезоплакоры), практически совсем лишены высшей расти-

тельности. Растительные сообщества сконцентрированы только в понижениях различного типа (сухие водотоки, сайры различной глубины вреза). Таким образом, серо-бурые крайне аридные почвы формируются без участия высших растений, они имеют сформированный четко дифференцированный профиль, состоящий из следующих генетических горизонтов:

Э – плотно уложенный щебнистый "панцирь" мощностью до 1 см, состоящий из дресвы и щебня, покрытого темным пустынным загаром;

К – (корочка) мощная (3–4 см), ячеисто-ноздреватая (сухарного вида), довольно прочная, светло-палевая, легко сдавливается. Обычно на нижней поверхности содержит вьщветы карбонатов. Хорошо отслаивается от нижележащего горизонта;

$П/К_s$ – более светлый подкорковый горизонт, белесоватый, неоднородный, преимущественно рыхлопорошковатый, местами слоеватый, мощный, от 6 до 10 см. Содержит карбонаты, гипс и легкорастворимые соли. Гнезда мелкокристаллического гипса и солей придают этому горизонту рыхлое сложение и порошковатую структуру;

$B_t$ – буровато-красный, резко выделяется по плотности и крупнокомковатой или глыбковой структуре.

Подстилающая порода обычно не содержит легкорастворимых солей и нередко бескарбонатна. Почвы эти очень бедны гумусом (0,1–0,2%). В распределении карбонатов, гипса и легкорастворимых солей, как правило, выделяется верхний максимум (главным образом в подкорковом горизонте). С глубиной содержание их довольно резко убывает. Обычно толщи почвообразующих пролювиальных отложений не засолены и бескарбонатны. Таким образом, их профилю свойственна некоторая солончаковатость. Встречаются почвы, подстилаемые древними засоленными палеогеновыми глинами, в которых на метровой глубине встречается шестоватый гипс. Содержание карбонатов в подкорковом горизонте достигает 4–6%, количество легкорастворимых солей 1–2%, гипса 6–8%.

Вопрос о генезисе серо-бурых крайне аридных почв требует дальнейших исследований, поскольку пока неясно, являются ли они реликтовыми образованиями, сформировавшимися в несколько более влажных условиях, или же это своеобразные почвы, в формировании которых играют активную роль лишь водоросли, грибы и микроорганизмы.

Среди серо-бурых крайне аридных почв выделяются следующие роды:

1 ) обычные – со свойствами, соответствующими типовому описанию;

2) маломощные (слаборазвитые) – на маломощных элювиально-делювиальных отложениях низких мелкосопочников. Характеризуются мощным щебнисто-каменистым "панцирем" с пустынным за-

гаром. Генетические горизонты крайне маломощны и неясно выражены, профиль почв обычно не превышает 10–15 см.

Легкорастворимые соли наблюдаются чаще на контакте с плотными породами, в то время как в корке и подкорковом горизонте их немного;

3) сайровые (примитивные). Формируются в сайрах различной величины и глубины вреза. Это относительно молодые почвенные образования, развивающиеся под воздействием периодических процессов отложения и перераспределения пролювиальных осадков.

Растительность на сайровых почвах представлена главным образом ильинией, саксаулом, нитрарией и реамюрией. Профиль сайровых почв часто не дифференцирован, в нем трудно обнаружить генетические горизонты, наблюдается слоистость по механическому составу и щебнистости. Почвы засолены слабо (плотный остаток 0,7–1%), содержание солей и карбонатов равномерно по профилю.

Тип: луговато-бурые пустынно-степные почвы.

Эти почвы встречаются в неглубоких понижениях различной формы и площади. Как правило, имеют глубокие грунтовые воды, мало влияющие на процессы почвообразования, и формируются в условиях некоторого дополнительного поверхностного увлажнения за счет притока влаги с более высоких поверхностей в период ливневых дождей.

Эти почвы покрыты сомкнутой разнотравно-злаковой растительностью с большим участием осочки и полыней. Морфологический облик их следующий:

A – серовато-бурый, слабо задерненный слабоуплотненный горизонт мощностью до 8–10 см. Обычно не вскипает, содержит до 1,5–2% гумуса, имеет неясный переход в нижележащий горизонт;

B – более уплотненный, довольно мощный (растянутый), до 30–40 см, имеет непрочную комковатую структуру, иногда разделяется на подгоризонты $B_1$ и $B_2$;

$B_к$ – более плотный, с редкими выделениями карбонатов (нередко в форме белоглазки). С глубины 60–80 см переходит в почвообразующую породу. В распределении гумуса здесь наблюдается плавное, постепенное убывание с глубиной. Почвы вскипают обычно с глубины 30–35 см, линия вскипания приближена к горизонту выделения карбонатов, а содержание последних невысокое, до 1,0–1,5%. Содержание легкорастворимых солей составляет тысячные доли процента.

По механическому составу чаще встречаются легкосуглинистые разновидности, сумма поглощенных оснований в которых составляет около 20 мг-экв.

Среди этих почв выделяются роды:

1) обычные – с признаками, соответствующими типовому описанию;

2) солонцеватые. Среди разнотравно-злаковой растительности значительное место занимают луки и солянки. В профиле четко

выделяется плотный иллювиальный горизонт с призмовидной структурой. Содержат несколько меньшее количество гумуса. По содержанию и распределению карбонатов эти почвы близки к обычным родам, вместе с тем в нижней части профиля заметно слабое засоление (сумма солей до 0,5–0,7%), в незначительных количествах присутствует сода. В редких случаях глубже 1 м встречается гипс, но в крайне малом количестве. Сумма поглощенных оснований составляет 15–20 мг-экв, поглощенный натрий колеблется в пределах 10–20% от емкости обмена.

Тип: такыровидные почвы.

К этому типу отнесены почвы, распространенные в пределах остепненных и настоящих пустынь, развивающиеся среди обширных пониженных равнин (тойримов) или замкнутых плоских понижений. Почвообразующими породами здесь служат слоистые относительно молодые отложения.

Разреженный растительный покров на такыровидных почвах представлен обычно реамюрией, саксаулом, нитрарией. Последние образуют вокруг себя эоловые песчаные бугры, а поверхность между ними лишена растительности, растрескана на полигональные отдельности и покрыта редким щебнем и дресвой.

Морфологическое строение профиля такыровидных почв следующее:

К – тонкая буровато-палевого оттенка прочная пористая корочка. Мощность ее не превышает 1,0–1,5 см, она хорошо отслаивается от нижележащего горизонта, обычно вскипает;

П/К – тонколистоватый или чешуйчатый мощный (до 6–8 см) горизонт светло-палевого цвета, иногда в нем наблюдаются выцветы легкорастворимых солей;

В – несколько уплотненный горизонт, мощность его 20–25 см; по цвету темнее предыдущего, часто имеет плитчатую структуру (при высыхании мелкопризмовидную). В горизонте встречаются видимые выделения карбонатов;

$B(C)_g$ – переходный горизонт, часто неоднородный (слоистый). В прослоях наблюдаются "ржавые" и оглеенные пятна, обычно более увлажнен, чем вышележащие, постепенно переходит в слоистую почвообразующую породу.

Такыровидные почвы вскипают с поверхности и относительно равномерно окарбоначены по всему профилю. Содержание карбонатов колеблется от 1 до 5%. Эти почвы малогумусны, при этом гумус распределяется в профиле более или менее однородно (0,4–0,6%). В большинстве случаев почвы солончаковаты, легкорастворимые соли (до 1–2%) встречаются уже в горизонте В, а в переходном горизонте В(С) содержится мелкокристаллический гипс.

Следует отметить, что среди такыровидных почв широко распространены суглинистые и тяжелосуглинистые разновидности. Высокая щебнистость, характерная для зональных почв, здесь отсутствует.

Такыровидные почвы в связи с ограниченностью данных на подтипы и роды нами не расчленены.

Тип такыры.

Этот тип пустынных почв полугидроморфного ряда в Монголии не занимает больших площадей. Такыры обычно формируются в бессточных плоских понижениях, которые в период ливневых дождей значительное время находятся в стадии высокого поверхностного переувлажнения. Они лишены растительности. Поверхность такыров обычно растрескана на полигональные отдельности.

В профиле такыров морфологически выделяются:

К – мощность до 4 см, очень прочная плотная корка, слегка расслаивающаяся в своей нижней части;

$B_s$ – переходный горизонт, обычно уплотненный, имеющий пластинчатую структуру, постепенно, с 10–15 см, переходящий в слоистую почвообразующую породу.

Ниже наблюдается чередование различных по цвету и механическому составу горизонтов, в которых четко выделяются ржавые и оглеенные пятна. По содержанию и распределению солей и гипса эти почвенные образования следует отнести к солончаковатым. Уже в подкорковом горизонте ($B_s$) количество солей нередко превышает 1,0–1,5%, а в переходном горизонте встречается гипс. Состав солей преимущественно хлоридно–сульфатный. Такыры вскипают с поверхности, часто имеют верхний (в корке) максимум карбонатов.

Тип: солонцы.

Солонцы формируются в лесостепной, степной, сухостепной и пустынной зонах. Они развиваются на соленосных породах или под действием минерализованных грунтовых вод, занимают отрицательные формы рельефа на выровненных поверхностях или на шлейфах склонов межсопочных понижений.

Растительность на солонцах по составу близка к окружающим несолонцеватым (зональным) почвам. Иногда они заняты чием.

Почвы имеют следующее строение:

А – гумусовый горизонт, мощность от 5 до 15 см, серого и буровато–серого цветов, рыхлокомковатый или бесструктурный;

$B_{1сн}$ – солонцеватый горизонт буровато–серого цвета, плотный, столбчатой или глыбистой структуры, с глянцем по граням. Мощность его сильно варьирует, но чаще колеблется в пределах 10–15 см;

$B_2$ – переходный горизонт, мощность его 20–30 см, бурый, прочной ореховатой или ореховато–призматической структуры, с выделением мучнистых карбонатов и легкорастворимых солей в виде пятен и крапинок.

ВС – белесо–бурый, карбонатный, иногда выделяется гипс. В зависимости от условий залегания в этом горизонте могут быть признаки глееватости.

В условиях Монголии встречаются солонцы солончаковатые, в этом случае легкорастворимые соли обнаруживаются на поверхности или в горизонте $B_1$ и почва вскипает от HCl с поверхности.

Для солонцов характерна щелочная реакция среды по всему профилю (pH 7,5–9). В поглощающем комплексе присутствует натрий. Его содержание сильно варьирует – от 1–2 до 15–20% от емкости обмена, что, вероятно, связано как с остаточной солонцеватостью, так и с современной. Наибольшее его количество находится в горизонте $B_{СН}$. Емкость обмена солонцов колеблется в широких пределах – от 10 до 25 мг-экв на 100 г почвы, они характеризуются малым содержанием гумуса (0,2–3,5%).

Тип: солончаки.

К типу солончаков относятся почвы с ясно выраженным накоплением легкорастворимых солей в верхней части профиля, что обусловлено аккумулящией вследствие выпотного водного режима. Солончаки развиваются на засоленных грунтах или при наличии слабоминерализованных почвенно-грунтовых вод. Характер засоления грунтов может быть либо поверхностным, либо глубоким. На территории республики солончаки распространены сравнительно мало. Они формируются в степной, сухостепной, пустынно-степной и пустынной зонах, а иногда встречаются в лесостепи.

Как правило, солончаки развиваются в отрицательных формах рельефа, в условиях бессточных или периодически бессточных понижений. Часто солончаки окаймляют озера или тянутся вдоль русел периодически высыхающих рек, а иногда встречаются на первых надпойменных террасах крупных рек. В Монголии есть солончаки, в профиле которых существует многолетняя мерзлота, и часто встречаются солончаки, в которых с глубины 80–120 см легкорастворимых солей мало (0,1–0,4%).

Профиль солончаков слабо дифференцирован на генетические горизонты, обычно он монотонный и оглеен, а его неоднородность обусловлена сложением и составом почвообразующих пород. Лишь иногда (преимущественно в лесостепной и степной зонах) в профиле луговых солончаков выделяются гумусовый горизонт и солевая корочка на поверхности. Однако последняя существует только периодически, когда поверхность подсыхает, соли уносятся ветром.

Подтип: солончаки соровые.

Формируются на поверхности ранее существовавших солевых озер, на засоленных грунтах. В настоящее время они подвергаются периодическому затоплению в наиболее влажные периоды. Обычно почвы лишены растительности или покрыты пятнами солянок.

Профиль почв монотонный, но часто с ясно выраженной слоистостью по цвету и иногда по механическому составу, которая отражает смену периодов затопления почвы и ее существования как сухой поверхности. При подсыхании на поверхности выделяется белесая корочка выцветов солей. Ниже лежит слоистая толща, обычно серовато-сизая, мокрая (или сырая), с пятнами или крапинками солей. Обычно почвы вскипают с поверхности от HCl.

Подтип: солончаки луговые.

Формируются в понижениях рельефа, где почвы получают дополнительное увлажнение за счет перераспределения атмосферных осад-

ков по рельефу. В этих случаях на некоторой глубине (1–2 м) в почвах периодически появляется слабоминерализованная почвенно-грунтовая верховодка.

Растительность на солончаках луговых чаще разреженная и представлена чием, вострецом, шелковицей; оголенные пятна с кустиками солянок. На поверхности почвы выделяется солевая корочка (1–2 мм), ниже лежит серовато-сизый слабогумусированный горизонт, иногда с белесо-желтоватыми крапинками выцветов солей. Под ним профиль почв не имеет четко выраженных горизонтов. С глубиной обычно возрастает глееватость, с 80–100 см грунты сырые или мокрые, иногда сочится вода. В корочке сумма солей составляет 5%, а в нижележащем горизонте снижается до 1%.

В лесостепной зоне преобладают солончаки содового засоления, реже хлоридно-сульфатного. На пустынно-степных территориях преобладает сульфатно-хлоридное или хлоридно-сульфатное засоление.

## ЛИТЕРАТУРА


Бадбаяр Д. О серо-бурых пустынных почвах Монголии. – В кн. Вопросы географии Монголии. Улан-Батор, 1971.

Беспалов Н.Д. Почвы Монгольской Народной Республики. – Труды Монгольской комиссии АН СССР, вып. 41. М., 1956.

Герасимов И.П., Лавренко Е.М. Основные черты природы МНР. – Изв. АН СССР, серия геогр., 1952, № 1.

Доржготов Д. К вопросу о почвенно-географическом районировании МНР. – Вопросы географии Монголии, № 5. Улан-Батор, 1966.

Евстифеев Ю.Г. Почвы Кустанайской области. Алма-Ата, 1970.

Лобова Е.В. Почвы пустынной зоны СССР. М., Изд-во АН СССР, 1960.

Ногина Н.А. Почвы Забайкалья. М., Изд-во АН СССР, 1962.

Почвенная карта Азии м 1:6 000 000. М., ГУГК, 1970.

Полынов Б.Б. Географические работы. М., Географгиз, 1962.

Уфимцева К.А. Степные и лесостепные почвы Бурятской АССР. М., Изд-во АН СССР, 1960.

Юнатов А.А. Основные черты растительности Монгольской Народной Республики. – Труды Монгольской комиссии, АН СССР, вып. 39, М., 1950.


## ABSTRACT


A systematical list of soils occurring in Mongolian plains and low mountains is given. Soils are subdivided into types, subtypes and genera. Peculiarity of Mongolian soils due to specific natural environment is emphasized both in the soil names and in descriptions. Each soil type and subtype is characterized from the point of view of morphology and main chemical properties (pH, humus, salt content, exchange capacity, carbonates profile distribution). Possibilities of agricultural utilization are discussed for soils suitable for reclamation.

*Л.Е. Родин, Н.И. Базилевич, Б.П. Градусов, Е.А. Ярилова*

# ЗАСУШЛИВАЯ САВАННА РАДЖПУТАНА (ПУСТЫНЯ ТАР). ПОЧВЫ, ПРОДУКТИВНОСТЬ, БИОГЕОХИМИЯ

Раджпутана, или пустыня Тар[1], представляет собой отнюдь не пустыню. Только в самой западной части годовое количество осадков менее 200 мм, а на остальных трех четвертях ее территории сумма осадков за год составляет 200–600 мм и несколько выше. Но даже и 200 мм осадков еще не типично для климата пустыни, как считают многие, например, исследователи Африки, которые к пустыням относят только те области, где годовое количество осадков ниже 100 мм, а все остальные, где осадков более 100 мм, – к степям и соответственно иным типам климатов (Le Houérou, 1969; Monod, 1971).

На всей территории Раджпутаны господствуют ландшафты сухой саванны (за исключением песчаных скоплений близ Инда) с характерным сочетанием редкостойных деревьев (Prosopis spicigera L., виды Acacia, Salvadora persica L.) и крупных кустарников (Capparis aphylla Roth., Calotropis procera (L.) Dryand), в напочвенном травяном покрове преобладают злаки. Песчаные образования отличаются крайней изреженностью растительного покрова – наличием одиночных псаммофильных кустарников (Callygonum polygonoides L., Leptadenia pyrotechnica (Forsk.) Decaisne, Acacia jacquemontii Benth.) и псаммофильных трав (Cyperus arenarius Retz., Indigofera argentea и др.). Однако и здесь в более благоприятных местообитаниях (депрессии между песчаными грядами и холмами) могут быть встречены участки с "саванновыми" деревьями и кустарниками (Prosopis spicigera L., Acacia senegal Willd., и др.) вплоть до долины Инда (Благовещенский, 1968).

Многие индийские исследователи (Badhwar et al., 1946; Ghosh, 1952; Hora, 1952; Sankalia, 1952; Bose et al., 1964; Gupta,

---

[1] Под этим названием она более известна из европейских учебников и атласов, но в Индии ее называют Раджпутана. Эта территория лежит на обширной низменности и ограничена с востока хр. Аравалли и с запада долиной Инда. Сложена она мощной толщей четвертичных аллювиальных и эоловых отложений, состоящих преимущественно из пылевато-песчанистых, реже суглинистых наносов с выходами останцов, особенно многочисленных в восточной половине низменности, примыкающей к горам Аравалли. Грунтовые воды залегают на глубине 9–15 м, иногда до 24 м (Chatterji, Gupta, 1969).

1968) считают, что в создании современного опустыненного облика ландшафтов Раджпутаны повинен человек. Армия Александра Македонского в 326 г. до н.э. располагалась вблизи Лагора в саловых (Schorea robusta Gaerth.f.) лесах; даже отдельные деревья сала встречаются лишь в сотнях миль от Лагора. Находки сравнительно недавней (400–500 лет назад) культуры в Биджапуре свидетельствуют о том, что в тот период хорошие леса снабжали строительной древесиной и топливом население, а плодородные поля и пастбища обеспечивали кормом не только домашний скот, но и лошадей и слонов тогдашней армии. Ныне в этих местах нет ни лесов, ни пастбищ, а редкое население постоянно страдает от голода (Badhwar et al., 1946).

Мысль о том, что роль человека (вырубки деревьев и кустарников, распашка, перевыпас) является решающим фактором в опустынивании и оскуднении земель, не нуждается в новых доказательствах. Введение заповедного режима или даже не очень продолжительной охраны и ротации выпаса на нынешних бедных растительной жизнью участках Раджпутаны приводит к возрастанию продуктивности растительной массы почти в 4 раза (Burns et al., 1933), что свидетельствует о значительных потенциальных возможностях, не реализующихся в силу антропогенных воздействий, как прямых, так и косвенных. Поэтому естественно считать, как и полагает большинство индийских исследователей, что Раджпутана, или пустыня Тар, это человеком созданная и человеком поддерживаемая пустыня ("man made desert", "man maintained desert"). Искони же это саванна, и климаксовой формацией в некоторых сукцессионных рядах является Prosopis spicigera L., – Salvadora oleoides Deche (Puri, 1952; Bhimaya, 1960; Prakash, Nanda, 1961; Satyarnayan, 1964; Gupta, 1968). Подтверждением тому служат и основные климатические показатели: отсутствие морозного периода, высокие среднегодовые температуры, засушливый период в прохладное время года, выпадение максимума осадков в наиболее жаркое время (июнь–август–сентябрь).

Климадиаграммы для различных регионов саванн (Walter, Lieth, 1960) имеют принципиальное сходство с климадиаграммами саванны Раджпутаны и резко отличны от климадиаграмм пустынь. Это же различие выявлено при сравнении некоторых гидротермических показателей саванны Раджпутаны и пустыни Каракум (Благовещенский, 1967). Изучение почв к западу от Инда показало, что "так называемая пустыня Тар должна рассматриваться не как пустыня, а как сухая саванна" (Фридланд, 1968), что уже ранее утверждалось З.Ю.Шокальской (Schokalskaya, 1932).

Флористический состав Раджпутаны не отличается особым богатством и разными авторами оценивается в 250–400 видов. Здесь по числу видов преобладают семейства Gramineae, Liguminosae, Cnvolvuolaceae, Amaranthaceae и Cyperaceae (Kanodia, Gupta, 1969), тогда как в среднеазиатских пустынях – Chenopodiaceae, Compositae, Gramineae, Leguminosae, Cruciferae, Polygonaceae (Родин, 1963). Семейство Chenopodiaceae во флоре Средней Азии насчиты-

вает 286 видов (только в Западной Туркмении 130 видов), тогда как в Раджпутане оно представлено всего семью видами, встречаемость которых к тому же невелика (Blatter, Hallberg, 1918), так как они приурочены только к засоленным местообитаниям, сравнительно редким в Раджпутане.

Значительные площади Раджпутаны используются для богарных посевов баджры (Pennisetum typhoideum), причем на засеваемых участках сохраняются деревья Prosopis spicigera L., молодые ветки которых систематически обрубаются на протяжении года для скармливания скоту. Наряду с распахиваемыми участками саванны имеются и чисто пастбищные; весьма вероятно, что они тоже распахивались, но были оставлены на длительное время в залежь и на них восстановился былой покров саванны. Согласно данным индийских исследователей (Prakash, Nanda, 1961; Cupta, 1968) можно предполагать, что заключительной ассоциацией сукцессии в этих условиях является климаксовая ассоциация Prosopis spicigera L., Zizyphus nummularia (Burn.f.) Wight et Arn. + Capparis aphylla Roth. – травяной покров с господством злаков.

Близкая к климаксовой ассоциация[1] распространена в юго-восточной части Раджпутаны, близ с. Соджат, где организована пастбищная экспериментальная станция Соджат-II (Grassland Impracment Project Sojat-II), принадлежащая Центральному научному институту аридной зоны. Экспериментальная территория площадью около 100 га была огорожена и с 1958 г. не подвергается выпасу (кроме небольших опытных делянок). Территория станции разделена на шесть участков. В пределах участка 4 нами совместно с доктором М.Пракашем (M. Prakash), давним сотрудником Института, была выбрана площадь для определения некоторых параметров биологической продуктивности саванны.

Пробная площадь размером 0,5 га (50 × 100 м) была заложена 5 июля 1961 г. на ровном участке пологой подгорной равнины, в 12 км к западу от ближайших сопок хр. Аравалли. Микрорельеф выражен слабо: под некоторыми кустами наметены плоские бугорки мелкозема 5–8 см высотой и на 3–5 см возвышаются более крупные куртины и дерновины злаков.

Почва сухой саванны в пределах подгорной равнины Аравалли характеризуется довольно хорошо развитым профилем. С поверхности почва опесчанена и покрыта прошлогодними остатками растений, образующих маломощную подстилку. Прослеживаются многочисленные ходы муравьев и других насекомых.

---

[1] Пробывший два года в Раджпутане Э.Н. Благовещенский (1968) относит эту территорию к зоне саванн и выделяет ее под названием "мескитовый район" (Prosopis spicigera, Capparis aphylla). "Мескитами" в Латинской Америке называют американские виды рода Prosopis; Prosopis spicegera L. – исконное растение Индии, и его местные названия – хеджра, канди (khejra, kandi) и др.

Верхний горизонт А, мощностью до 28 см, имеет довольно темную серовато-коричневато-бурую однородную окраску с красноватым оттенком, в нижней части горизонта – более темную; горизонт супесчаный, рыхлый (тонкопористый), пронизан обильными корнями растений; структура непрочнокомковатая; не вскипает. Переход к нижележащему горизонту ясный.

Горизонт $B_1$ (28–53 см) характеризуется значительно более темно-серой с коричневатостью окраской, уплотненностью, более тяжелым (легкосуглинистым) механическим составом, комковато-глыбистой структурой; корни обильны; не вскипает. Нижняя граница заметная.

Горизонт $B_2$ (53–76 см) имеет более светлую серую с коричневатостью окраску, плотное сложение, легкосуглинистый механический состав, глыбисто-призмовидную структуру; вертикально трещиноват, корней меньше, отмечаются обильные ходы насекомых, не вскипает. Переход постепенный.

Горизонт $B_3$ (76–103 см) характеризуется еще более светлой серовато-бурой окраской, менее плотным, чем предыдущий горизонт, сложением, легкосуглинистым механическим составом, редкими ходами насекомых, довольно обильными корнями. Местами прослеживаются очень мелкие (точечные) скопления мучнистого гипса. Вскипает по нижней границе. Переход постепенный.

Для горизонта ВС (103–135 см), характерны белесо-светло-бурая окраска, большое содержание карбонатов в виде плотных жилок и скоплений, плотное сложение, корешковатость, редкие ходы насекомых. Механический состав – сильно опесчаненная супесь.

Просмотр под бинокулярным и поляризационным микроскопами фракций более 1 мм, 1–0,25 мм и менее 0,25 мм из горизонтов 0–28, 28–58 и 103–135 см показал следующее. Эти фракции представлены обломками пород, главным образом кислых (гранита, риолита, кварцита, в том числе слюдяного и роговообманкового, гнейсо-кварцита и др.), и зернами минералов, входящих в состав этих пород. Встречаются также единичные обломки основных эффузивных пород. Среди зерен минералов преобладает кварц разной степени окатанности; полевых шпатов примерно в 2 раза меньше, чем кварца, и они главным образом калиевые, большей частью каолинизированные, некоторые содержат мелкозернистый ожелезненный материал по трещинам спайности. Затем следует зеленая роговая обманка, содержание которой в верхней и средней частях профиля несколько выше, чем в нижней; ее зерна преимущественно выветрелые, с окислами железа в трещинах спайности и во впадинах на поверхности.

В небольших количествах встречаются биотит (выветрелый), эпидот, пироксен; в средней и верхней частях профиля, кроме того, обнаружены турмалин, циркон, кианит, гранат. В горизонте 103–135 см часть зерен минералов сцементирована в агрегаты микрозернистым кальцитом, содержащим гидроокиси железа и марганца в виде пятен и разводов (часто вокруг зерен минералов). Некоторые из таких карбонатных агрегатов имеют на поверхности щетки из более крупных кристаллов кальцита (до 0,1 мм). Здесь же в неболь-

шом количестве встречаются агрегаты игольчатого кальцита (люблинита) и отдельные зерна обломочного кальцита.

По минералогическому составу исследуемая почва аналогична описанным Гуптой (Gupta, 1958) пустынным почвам Раджастана и, очевидно, имеет общий с ними генезис.

Материнскими породами почв служили главным образом продукты выветривания и транспортировки (пролювий, делювий, аллювий, эоловые образования) Гималаев на севере и возвышенностей гор Аравалли на востоке, сложенных преимущественно кислыми породами.

Процессами почвообразования эти отложения были трансформированы, с обособлением верхней, вышелоченной от карбонатов толщи, увенчанной горизонтом А наиболее легкого механического состава, заметно оглиненным горизонтом В в средней части профиля и, наконец, иллювиально-карбонатным горизонтом ВС, также заметно опесчаненным.

Трехчленность профиля почв хорошо прослеживается и по данным механического анализа (табл. 1). Весьма отчетливо выявляется оглиненный горизонт В, где содержание ила в мелкоземе достигает 14% и выше. Как в горизонте А, так и в горизонте ВС содержание ила значительно ниже[1]. Несколько большая опесчаненность горизонта А по сравнению с залегающей ниже толщей, по-видимому, отчасти обусловлена выдуванием тонких фракций или приносом песка со стороны. Оглиненность горизонта ВС, очевидно, является следствием процессов внутрипочвенного выветривания, что хорошо увязывается с ходом осадков, выпадающих в период наиболее активной биологической деятельности. Однако оглиненность также отчасти может быть обусловлена накоплением глины в почвообразующих породах в фазу развития почв, предшествовавшую аридизации, когда развевание поверхностных горизонтов почв не имело места или было выражено весьма ограниченно.

Валовой состав почвы хорошо коррелирует с данными механического анализа. Отчетливо выделяется по относительному накоплению $Al_2O_3$, отчасти $Fe_2O_3$ и уменьшению содержания $SiO_2$ горизонт В (табл. 2). Для опесчаненного горизонта А характерно резкое увеличение содержания $SiO_2$ и уменьшение $R_2O_3$.

Для профиля почв в целом типично весьма невысокое содержание железа и алюминия, что, по-видимому, обусловлено характером материнских пород. В связи с этим и количество подвижных форм железа в почве сухой саванны крайне невелико (табл. 3). Вместе с тем прослеживается небольшой максимум их содержания в горизонте В.

Легкий механический состав почвообразующих пород обусловливает невысокую (хотя и несколько повышенную, учитывая небольшое

---

[1] Количество частиц крупнее 1 мм – около 4%, за исключением самого нижнего горизонта, где содержание их резко увеличивается (до 17%).

содержание илистой фракции) величину емкости поглощения. При преобладании обменного кальция весьма типична, особенно в горизонте В, высокая относительная насыщенность поглощающего комплекса магнием. Содержание обменного натрия ничтожно; почвы эти несолонцеваты.

Карбонатный профиль почв свидетельствует о вьщелоченности верхней метровой толщи, что также обусловлено легким механическим составом почвообразующих пород. Вместе с тем по всему профилю присутствует в очень небольшом количестве гипс со слабовыраженным максимумом на глубине 76–103 см ( $B_3$). Это – следствие опустынивания почв в современную фазу развития ландшафта, что сопровождается затрудненным выносом продуктов почвообразования и аккумуляцией их в пределах почвенного профиля. По-видимому, появление следов карбонатов в верхних горизонтах этих почв также свидетельствует о вторичной их аккумуляции и обусловлено теми же процессами.

Гумусонакопление в почвах сухих саванн весьма незначительное, что хорошо увязывается как с легким механическим составом почво-грунтов, так и с особенностями гидротермического режима. Однако прокрашенность почвенного профиля довольно глубокая. Также характерна темная окраска горизонта В (особенно $B_1$), не соответствующая невысокому содержанию в нем гумуса (1,12%). Это, по-видимому, обусловлено преобладанием в составе гумуса гуминовых кислот второй фракции (табл. 4).

В распределении фракций гумусовых кислот по профилю почвы выявляется определенная закономерность – расширение отношения $C_{г.к}/C_{ф.к}$ в горизонте $B_1$ и $B_2$, что может свидетельствовать, с одной стороны, о некоторой миграции гумуса из горизонта А, а с другой – о процессах последующего его конденсирования в горизонте В. Большое содержание гуминов (свыше 60% валового углерода) указывает на прочную связь новообразующегося органического вещества с глинистой частью почв. Миграция более подвижных гумусовых кислот, по-видимому, осуществляется в форме алюминиевых (отчасти железистых) органо-минеральных комплексов в период муссонных дождей, когда происходит глубокое промачивание почв. Об этом свидетельствует заметное присутствие $Al_2O_3$ в декальцинате.

С помощью рентгендифрактометрического анализа был исследован минералогический состав глинистого материала почвы подгорной равнины Аравалли по методике Р.Е. Биская (Biscaye, 1964) и Б.П. Градусова (1967). Для сравнения на рис. 1 и в табл. 5 приводятся некоторые данные о минералогическом составе регуров Индостана, коричневых и сероземных почв Средней Азии, серо-коричневой почвы долины р. Хабур (Сирия), а также слитых почв равнины Гезира (Центральная Африка).

В исследуемой почве сухой саванны Раджпутаны обнаружены смектит, гидрослюда, каолинит и хлорит. Смектит идентифицирован по широкому рефлексу с $d/n$= 15 Å в воздушно-сухом состоянии, по максимуму с $d/n$ = 17–18 Å в этиленгликолевых комплексах и

Таблица 1

Данные механического анализа почвы сухой саванны Раджпутаны

| Горизонт | Глубина, см | Потеря от обработки HCl, % | Содержание | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1,0–0,25 | 0,25–0,05 | 0,05–0,01 |
| A | 0–28 | 0,1 | 34,8 | 44,4 | 8,1 |
| $B_1$ | 28–53 | 0,1 | 24,6 | 40,8 | 11,6 |
| $B_2$ | 53–76 | 0,5 | 21,4 | 43,2 | 11,7 |
| $B_3$ | 76–103 | 1,2 | 20,7 | 43,8 | 12,0 |
| BC | 103–135 | 5,5 | 23,2 | 41,2 | 12,1 |

Таблица 2

Валовой состав почвы сухой саванны Раджпутаны, % на прокаленную

| Горизонт | Глубина, см | Потеря при прокаливании | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $Al_2O_3$ | $TiO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 0–28 | 2,25 | 81,85 | 2,39 | 8,93 | 0,75 |
| $B_1$ | 28–53 | 4,03 | 78,08 | 3,62 | 10,79 | 1,05 |
| $B_2$ | 53–76 | 4,23 | 77,31 | 3,62 | 11,16 | 0,90 |
| $B_3$ | 76–103 | 4,07 | 77,58 | 3,65 | 11,63 | 1,10 |
| BC | 103–135 | 8,57 | 78,50 | 3,00 | 10,00 | 1,02 |

Таблица 3

Некоторые химические свойства почвы сухой саванны Раджпутаны

| Горизонт | Глубина, см | Гумус, % | $CO_2$,% | pH водный | $SO_4$ гипса, % |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 0–28 | 0,76 | Сл. | 7,0 | 0,12 |
| $B_1$ | 28–53 | 1,12 | " | 7,0 | 0,20 |
| $B_2$ | 53–76 | 0,98 | Нет | 7,0 | 0,19 |
| $B_3$ | 76–103 | 0,81 | Сл. | 7,2 | 0,34 |
| BC | 103–135 | 0,64 | 4,38 | 8,1 | 0,15 |

*Метиленовой синькой.

(по методу Качинского)

| фракций, %; размер частиц, мм | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0,01–0,005 | 0,005–0,001 | < 0,001 | < 0,01 | состав |
| 1,5 | 3,0 | 8,1 | 12,6 | Супесь |
| 2,6 | 6,0 | 14,3 | 22,9 | Суглинок легкий |
| 2,9 | 6,6 | 13,7 | 23,2 | То же |
| 2,9 | 6,8 | 12,6 | 22,3 | " |
| 4,1 | 7,4 | 6,5 | 18,0 | Супесь |

бескарбонатную навеску

| $P_2O_5$ | CaC | MgC | MnO | $Na_2O$ | $K_2O$ | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,04 | 1,08 | 1,01 | 0,07 | 0,85 | 2,11 | 0,10 |
| 0,06 | 1,72 | 1,26 | 0,10 | 0,89 | 2,08 | 0,17 |
| 0,05 | 1,66 | 1,38 | 0,08 | 0,88 | 2,08 | 0,16 |
| 0,06 | 1,69 | 1,94 | 0,08 | 0,88 | 2,06 | 0,28 |
| 0,06 | 1,86 | 2,50 | 0,08 | 0,84 | 2,08 | 0,12 |

| Обменные основания, мг-экв на 100 г | | | | | Емкость обмена*, мг-экв на 100 г | Подвижное $Fe_2O_3$ по Дебу, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ca | Mg | K | Na | сумма | | |
| 3,24 | 2,57 | 0,28 | 0,21 | 6,30 | 7,03 | 0,31 |
| 6,68 | 5,72 | 0,29 | 0,23 | 12,92 | 13,67 | 0,40 |
| 7,25 | 2,34 | 0,28 | 0,30 | 10,17 | 13,67 | 0,37 |
| 7,25 | 1,14 | 0,26 | 0,30 | 8,95 | 12,58 | 0,39 |
| 9,90 | 0,90 | Сл. | 0,40 | 11,20 | 10,33 | 0,29 |

Таблица 4

Групповой фракционный состав гумуса почвы сухой саванны, % общего углерода

| Горизонт | Глубина, см | С гумуса, % | Гуминовые кислоты | | | | Фульвокислоты | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | I | II | III | сумма | Ia | I | II |
| A | 0–28 | 0,44 | 2,30 | 16,75 | 4,00 | 23,05 | 3,15 | 1,37 | 4,34 |
| $B_1$ | 28–53 | 0,65 | 2,80 | 14,43 | 3,25 | 20,48 | 3,42 | Нет | 9,01 |
| $B_2$ | 53–76 | 0,57 | 0,70 | 13,31 | 5,60 | 19,61 | 3,11 | " | 7,37 |
| $B_3$ | 76–103 | 0,47 | 1,92 | 14,74 | 2,78 | 19,44 | 5,98 | " | 7,69 |

Таблица 4 (окончание)

| Горизонт | Глубина, см | С гумуса, % | Фульвокислоты | | | Сумма выделенных фракций | Нерастворимый остаток (гумины) | $\frac{C_{г.к}}{C_{ф.к}}$ | В декальцинате, % к почве | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | III | IV | сумма | | | | $Fe_2O_3$ | $Al_2O_3$ |
| A | 0–28 | 0,44 | 5,30 | 4,10 | 15,11 | 38,16 | 61,84 | 1,15 | 0,04 | 0,22 |
| $B_1$ | 28–53 | 0,65 | 1,71 | 2,33 | 16,47 | 36,95 | 63,05 | 1,24 | 0,08 | 0,63 |
| $B_2$ | 53–76 | 0,57 | 2,12 | 2,62 | 15,22 | 34,85 | 65,15 | 1,28 | 0,11 | 0,55 |
| $B_3$ | 76–103 | 0,47 | 0,85 | 2,56 | 17,08 | 36,52 | 63,48 | 1,14 | 0,06 | 0,52 |

по исчезновению $d_{001}$ после прокаливания (совпадает с $d_{001}$ гидрослюды). Гидрослюда определена по рефлексам, образующим интегральную последовательность от (001), равную 10 Å во всех исследованных состояниях. Каолиниту принадлежат рефлексы с $d/n$ = 3,58 Å (002), исчезающие после прокаливания. Хлорит определен по рефлексам 4,75 Å и 2,82 Å в воздушно-сухом состоянии и с этиленгликолем, а также по максимуму со значением межплоскостных расстояний 13,8–13,5 Å на рентгендифрактограммах после прокаливания.

Отмечается четко выраженный двучленный характер глинистого материала почв по минералогическому составу, и, как было показано выше, по содержанию самого глинистого материала (см. табл.1). До глубины 28 см глинистый материал содержит до 45% гидрослюды. Количество смектитовой фазы не превышает 50%. Ниже в почве и в почвообразующей породе содержание гидрослюды не выходит за пределы 30%, тогда как количество смектита повышается до 50–65%, с максимумом в горизонте В (см. табл. 5). В глинистом материале обнаружено от 2,4 до 3,1% $K_2O$, что подтверждает присутствие гидрослюд (табл. 6). Если принять, что содержание $K_2O$ в гидрослюдах составляет 10%, то количество этих минералов не превышает 30% от массы фракции менее 0,001 мм Содержание MgO до 2–4% связано главным образом с присутствием хлорита. Высокое содержание $Al_2O_3$ свидетельствует о том, что основу глинистого материала составляют диоктаэдрические богатые алюминием минералы. К ним относятся, согласно данным рентгеноструктурного анализа, гидрослюды и смектиты, а также присутствующие в небольшом количестве каолиниты.

Характер распределения по профилю $SiO_2$, $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$ и $K_2O$ в илистой фракции и изменчивость молекулярных отношений между основными силикатообразующими окислами подтверждают неоднородность глинистого материала. Выше уже обращалось внимание на сравнительно большую емкость обмена катионов почвы при легком механическом ее составе, а также данных по содержанию фракций менее 0,001 мм (см. табл. 1 и 3). Это обстоятельство свидетельствует о том, что емкость обмена катионов, отнесенная к фракции менее 0,001 мм, составляет 70–100 мг-экв. Поскольку содержание органического вещества, особенно в нижних горизонтах, ничтожно (не более 0,4–0,6%), это дает основание заключить о преобладании смектитов в составе глинистого материала почвы.

Исключением является лишь самый верхний супесчаный горизонт, в котором содержание других глинистых минералов повышено. Это обусловлено тем, что верхний горизонт почвы формируется в значительной степени за счет привноса песчаного делювиально-пролювиального, а также эолового материала, богатого гидрослюдами и хлоритами. Глинистый материал более глубокой части профиля сохранил в значительной мере свой изначальный, существенно смектитовый состав.

К северо-западу, на территории Пенджаба, согласно Мак Нилу и др. (Mc Neal, 1966), почвы содержат в основном гидрослюды и

Таблица 5

Минералогический состав почвы сухой саванны Раджпутаны и регуров Декана, уравненные % площадей дифракционных пиков

| Почва, № разреза | Глубина, см | Основные глинистые минералы | | |
|---|---|---|---|---|
| | | монтмориллонит | гидрослюда | каолинит |
| | | Раджпутана* | | |
| Почва сухой саванны | 0–28 | 47 | 45 | 8 |
| | 28–53 | 65 | 30 | 5 |
| | 53–76 | 61 | 30 | 9 |
| | 76–103 | 60 | 31 | 9 |
| | 103–135 | 53 | 32 | 15 |
| | | Декан | | |
| Регур, разрез 12 | 0–15 | 82 | 16 | 2 |
| | 30–60 | 92 | 5 | 3 |
| | 90–100 | 91 | 7 | 2 |
| | 120–125 | 89 | 9 | 3 |
| То же, разрез 4 | 10–15 | 93 | 5 | 2 |
| | 30–60 | 94 | 5 | 1 |
| | 90–135 | 95 | 3 | 2 |
| То же, разрез 22 | 0–30 | 93 | 5 | 2 |
| | 30–60 | 98 | 1 | 1 |
| | 60–150 | 96 | 2 | 2 |
| То же, разрез 26 | 0–15 | 93 | 5 | 2 |
| | 47–75 | 95 | 3 | 2 |
| | 105–108 | 95 | 2 | 3 |
| То же, разрез 29 | 0–10 | 93 | 5 | 2 |
| | 25–30 | 93 | 4 | 3 |

*В содержание каолинита входит и хлорит, присутствующий в меньшем количестве.

хлориты. Это отражает влияние слабо измененного гипергенными процессами материала подгорных равнин Гималаев. Наоборот, минералогический состав регуров плоскогорья Декан, расположенного к юго-востоку от исследуемой территории, характеризуется высоким содержанием смектита (см. рис. 1), которое достигает 80% (см. табл. 5).

Таблица 6

Валовой состав илистых фракций почвы сухой саванны Раджпутаны, % на прокаленную

| Горизонт | Глубина, см | Гумус, % | Потеря при прокаливании, % | $SiO_2$ | $SO_3$ | $P_2O_5$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 0–28 | 2,8 | 19,38 | 51,81 | 0,22 | 0,17 | 30,83 | 9,55 |
| $B_1$ | 28–53 | 2,4 | 19,67 | 51,78 | 0,29 | 0,38 | 32,65 | 9,77 |
| $B_2$ | 53–76 | 2,3 | 19,92 | 51,06 | 0,76 | 0,19 | 28,66 | 13,16 |
| $B_3$ | 76–103 | 2,3 | 19,31 | 53,64 | 0,61 | 0,19 | 29,95 | 11,49 |
| B/C | 103–135 | 1,8 | 18,74 | 54,76 | 0,41 | 0,14 | 27,95 | 12,51 |

Были изучены регуры, в основании которых вскрыты резко различные массивно-кристаллические породы, базальты, граниты и др. Вне зависимости от этого и те и другие почвы имеют по существу одинаковый минералогический состав по всему профилю. Из этого следует, что регуры развиваются на сравнительно мощной, переработанной в течение третичного-четвертичного времени по минералогическому и химическому составу толще. В составе этой толщи преобладают продукты изменений мел-неогенового батолита, сложенного основными породами. Последние включают не только минералы, образовавшиеся в процессе выветривания, но и, согласно В.Н. Разумовой (1970), М.А. Ратееву, Б.П. Градусову, М.Н.Ильинской (1972), глинистые минералы зон низкотемпературной гидротермальной пропелитизации и глинизации, заключительные этапы которых сопровождаются синтезом смектитов (регрессивный автометасоматоз).

Одна из возможных причин большого содержания смектита в исследуемой почве Раджпутаны кроется в биоклиматических особенностях, в частности, наличии значительного периода увлажнения почв при господствующих высоких температурах. Такие условия способствуют преобразованию минеральной массы, сопровождавшемуся синтетическим новообразованием смектита. При этом в силу особенностей гидротермического режима синтез смектита приурочен в основном к средней части почвенного профиля, что фиксируется увеличением здесь количества фракции менее 0,001 мм (внутрипочвенное оглинивание). Другая причина может заключаться в том, что источниками глинистого материала почвообразующих пород и почв здесь могли быть продукты водного и эолового перемещения из Гималаев и хр. Аравалли.

По минералогическому составу глинистого материала почвы сухой саванны Раджпутаны отличаются от почв других аридных регионов. Так, коричневые карбонатные почвы и обыкновенные сероземы Яванской долины Средней Азии (Сосновская, 1970) имеют гидрослюдисто-хлоритовый состав (см. рис. 1). Содержание смектитового компонента, представленного к тому же не столько индивидуальным минералом, сколько пакетами смешаннослойных слюда-смектитовых образований, гораздо меньше, чем в почвах Раджпутаны. Гидрослю-

навеску

| CaC | MgC | MnO | $K_2O$ | $Na_2O$ | $TiO_2$ | Молекулярные отношения | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ | $\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$ | $\frac{SiO_2}{R_2O_3}$ |
| 1,23 | 2,84 | 0,06 | 3,11 | 0,28 | 0,86 | 28,9 | 14,0 | 2,4 |
| 0,34 | 3,86 | 0,07 | 2,72 | 0,20 | 0,81 | 27,0 | 14,1 | 2,3 |
| 0,66 | 3,33 | 0,06 | 2,42 | 0,19 | 1,24 | 30,2 | 10,4 | 2,4 |
| 1,16 | 2,01 | 0,07 | 2,42 | 0,28 | 1,21 | 30,4 | 12,2 | 2,5 |
| 1,04 | 2,78 | 0,05 | 2,66 | 0,21 | 1,27 | 33,4 | 12,5 | 2,6 |

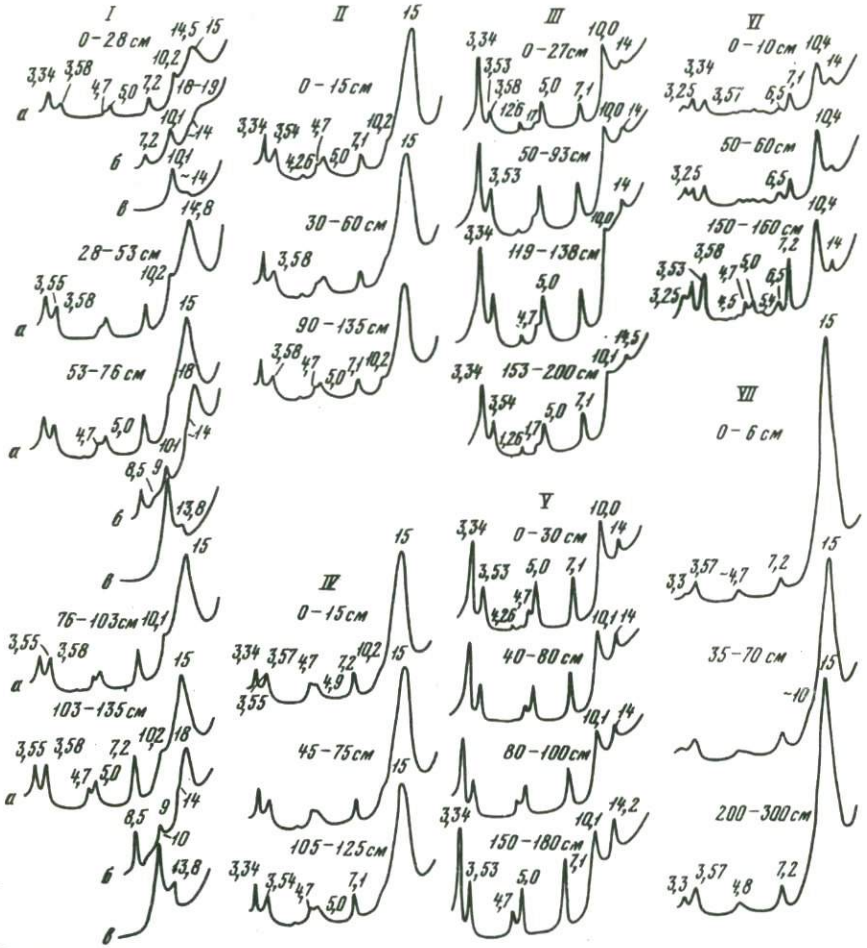



Рис. 1. Рентгендифрактограммы фракций меньше 0,001 мм

*а* – воздушно-сухой образец; *б* – образец с этиленгликолем; *в* – препарат, прокаленный при 500°. *I* – коричневая почва Раджпуганы (Индия); *II* – регур Декана с гранитом в основании профиля (Индия); *III* – регур Декана с базальтом в основании профиля (Индия); *IV* – коричневая карбонатная почва Яванской долины (Тадж. ССР); *V* – обыкновенный серозем Яванской долины (Тадж.ССР); *VI* – серо-коричневая почва долины Хабура (Сирия); *VII* – слитая почва равнины Гезира (Африка)

дисто-хлоритовый состав имеют и пустынно-степные почвы равнин Китая (Hseung, Jackson, 1952).

Почвы долины Хабура (Градусов, Онищенко, 1966) в пределах Сирии содержат палыгорскит, сопровождаемый каолинитом и иногда смектитом (см. рис. 1). Одним из аналогов почв Раджпутаны по минералогическому составу глинистого материала могут служить

слитые почвы, формирующиеся на территории Центральной Африки в переходной полосе от саванны к тропической пустыне равнины Гезира и прилегающих районов. Эти почвы также содержат смектит в качестве преобладающего глинистого минерала (см. рис. 1).

Обращает на себя внимание также и сходство геолого-тектонической структуры двух рассматриваемых регионов: с востока и юго-востока равнина Гезира окаймлена Эфиопским нагорьем и Восточно-Африканским плоскогорьем, сложенными мощными покровами мел-неогеновых базальтов, реже риолитов. Более высокое, чем в почвах сухой саванны Раджпутаны, содержание глинистого материала, а в нем – смектита в почвах равнины Гезира может быть обусловлено тем, что последняя представляет собой пониженную, относительно замкнутую, плохо дренированную депрессию, в то время как Раджпутана является открытой аллювиальной равниной.

Современная фаза опустынивания почв Раджпутаны под воздействием антропогенного фактора характеризуется все большим обогащением глинистого материала гидрослюдами по сравнению с изначальным преимущественно смектитовым минералогическим составом глины за счет привноса на поверхность эолового или пролювиально-делювиального песчанистого материала с высоким содержанием гидрослюд.

Рассмотренные материалы и их анализ позволяют подойти к вопросу о типовой принадлежности почв сухой саванны Раджпутаны. Индийские почвоведы на подгорной равнине Аравалли выделяют серо-бурые почвы (см. Благовещенский, 1967). Однако генетическая их сущность осталась нераскрытой. Э.Н. Благовещенский (1967) отмечает сходство залегающих ближе к долине р. Инд песчаных почв на песках с песчаными сероземами Средней Азии. Вместе с тем он указывает на заметную выщелоченность этих почв от карбонатов. В.М. Фридланд (1968), исследовавший почвы правобережья Инда в пределах Пакистана, считает, что выщелоченность от карбонатов верхних горизонтов развитых здесь песчаных почв не позволяет рассматривать их как сероземы. По-видимому, она ближе к серо-коричневым почвам сухих и опустыненных саванн.

К северо-западу от исследованной нами территории, в более опустыненной части Раджпутаны В.А. Николаев и А.М. Рябчиков (1965) описали две почвы: одну – на выходах коры выветривания докембрийских песчаников, другую – на древнеаллювиальных отложениях. Эти почвы отнесены авторами к типу красно-бурых почв (очевидно, в соответствии с мировой почвенной картой). Однако представленные указанными авторами аналитические данные свидетельствуют о принципиальном сходстве описанных ими почв с исследованной нами. Отчетливо прослеживаются оглиненный горизонт В при легком механическом составе почв и слабо выраженное перераспределение $SiO_2$ и $R_2O_3$ в почвенном профиле (накопление последних в горизонте В). Вместе с тем эти почвы карбонатны с поверхности, содержание гумуса более низкое, чем в исследованной нами почве (0,4–0,6%); реакция их щелочная (pH около 8 по всему профилю). Эти почвы, таким образом, находятся в том же генетическом

ряду, что и исследованная нами почва, но представляют собой более опустыненный вариант.

Согласно исследованиям Гупты и Райчоудри (Gupta, 1958; Raychaudhuri, 1962), все пустынные почвы Раджпутаны, формирующиеся в 100–150 км к западу и северо-западу от гор Аравалли, при легком механическом составе характеризуются наличием оглиненного горизонта В. Еще далее на запад, ближе к долине р. Инд, дифференциация почвенного профиля по механическому составу исчезает, а опесчаненность почв увеличивается.

Рассмотрение всех этих материалов позволяет прийти к заключению, что исследованная нами почва по морфологическому строению профиля, характеру выветривания и ряду свойств ближе всего к типу субтропических коричневых почв сухих разреженных лесов и кустарников. В первом приближении мы ее относим к коричневым почвам. Главными отличительными чертами этих почв являются: оглиненность горизонта В при отсутствии солонцеватости, наличие в составе гумусовых веществ большого количества гуминов, прочно связанных с глиной, преобладание серых гуминовых кислот при отношении $C_{г.к.} : C_{ф.к.}$ больше 1. Повышенная емкость обмена обусловлена типом глины.

По-видимому, полоса коричневых почв протягивается от подножия Гималаев дальше к югу, в область подгорных равнин Аравалли. К западу же и северо-западу от последних, в более засушливой части Раджпутаны, господствуют серо-коричневые почвы. Их описали В.А. Николаев и А.М. Рябчиков (1965).

Таким образом, как по направленности почвообразовательных процессов, так и в особенности по характеру выветривания и глинообразования Раджпутана весьма сильно отличается от среднеазиатских пустынь СССР. Гипергенные процессы приобретают здесь особые черты, присущие сухим субтропикам. Эти особенности также весьма четко проявляются и при оценке биогеохимических процессов, рассматриваемых ниже и обусловленных в значительной мере характером обмена химическими элементами между почвой и растениями. Этот вопрос изучался на пробной площади, где были произведены перечет и измерения всех деревьев и кустарников. У деревьев измерялись диаметр на высоте груди и высота, а возраст определялся глазомерно, при консультации доктора М. Пракаша и полевого наблюдателя А.С. Сехавата, с корректировкой по нескольким пням. У кустаников измерялись высота кустов и поперечник кроны. Для травяного покрова был составлен список видов с оценкой обилия по Друде. Список был дополнен данными проективного покрытия в процентах по учетной ведомости, составленной А.С. Сехаватом на основании определений, производимых им регулярно на участке, а также вычисленными им средними показателями по постоянным площадкам – трансектам в каждом из шести участков. Приводим эти характеристики.

**Древостой.** В пересчете на 1 га на участке исследованной саванны оказалось 74 дерева Prosopis spicigera L. При рассмотре-

нии распределения их по высоте в зависимости от диаметра ствола и возраста (рис. 2 и 3) выявляется наличие группы тонкомерных низкорослых молодых деревьев (3–4 года) и группы взрослых (в возрасте более 10 лет) деревьев выше 5 м с диаметром на высоте груди более 15 см. Группа довольно многочисленных молодых

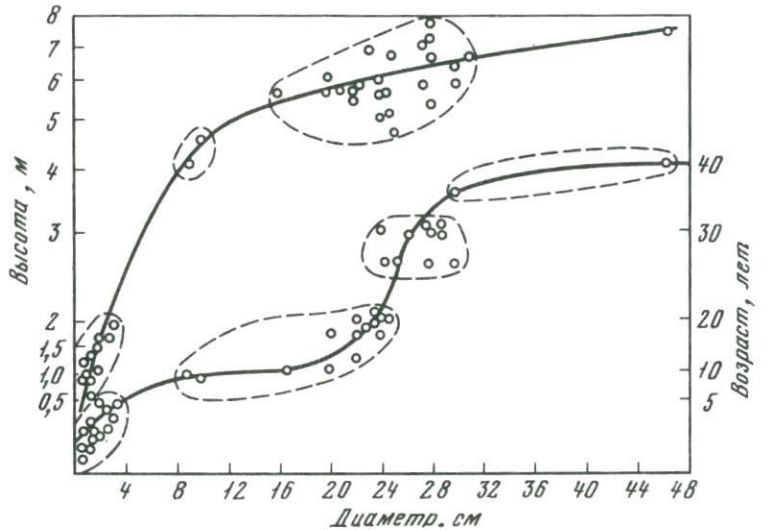



Рис. 2. Распределение деревьев Prosopis spicigera L. на пробной площади по высоте и возрасту в зависимости от диаметра ствола

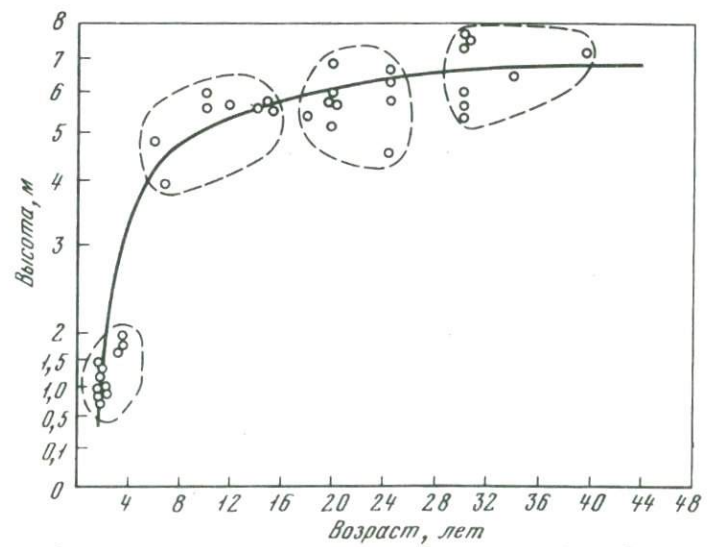



Рис. 3. Распределение деревьев Prosopis spicigera L. на пробной площади по высоте в зависимости от возраста

Таблица 7

Видовой состав и количественные показатели кустарникового яруса сухой саванны Раджпутаны

| Растение | Высота, см | Диаметр кроны, см | Число, шт/га |
|---|---|---|---|
| Capparis aphylla Roth. | 100–150 | 150–200 | 12 |
| [C.decidua (Forsk.) Edgew.] | 150 | 200–400 | 6 |
| Calotropis procera (L.) Dryand. | 100–140 | 60–80 | 14 |
| Hibiscus micranthus L. f. | 40–80 | 30–60 | 12 |
| Zizyphys nummularia (Burm. f.) Wight et Arn. | 40–50 | 30–40 | 4 |
| Abutilon indicum | 150 | 100 | 2 |

деревьев, очевидно, обязана своим существованием заповедному режиму, установленному здесь с 1958 г.

Осознавая недостаточность данных для более детального рассмотрения и анализа графиков, обращаем, однако, внимание на наличие большого разрыва между двумя основными возрастными группами (то же наблюдается и в распределении по высотам) деревьев Prosopis spicigera L. Можно предполагать, что это результат предшествовавшего заповедному режиму перевыпаса, когда молодые семенные деревца обгрызались, повреждались и погибали.

Кустарниковый ярус. Кустарники представлены всего пятью видами в количестве 50 экземпляров на 1 га; таким образом, ярус их весьма изреженный (табл. 7).

Травяной ярус. Во флористическом составе оказалось 29 видов, относящихся к 12 семействам (Gramineae 17 видов, Leguminosae 2 вида, семейства Acanthaceae, Amaranthaceae, Convolvulaceae, Cucurbitaceae, Cyperaceae, Ficodeae, Malvaceae, Nyctaginaceae, Sterculiaceae, Zygophyllaceae представлены каждое всего одним видом). Таким образом, злаки во флористическом списке составляют около 60%. Преобладают многолетние формы, составляющие почти 70%, тогда как однолетники – чуть более 30% (всего 9 видов).

Травяной покров неоднородный, встречаются участки то значительно загущенные, то сильно изреженные, и на последних после первых небольших дождей уже появились всходы однолетников, "ожидающих" наступления муссонного сезона. Общее проективное покрытие (вместе с кустарниками) составляет 75% (табл. 8).

Фитомасса. Надземная фитомасса древесного яруса была определена нами на трех модельных деревьях по классам возраста[1] с

[1] В связи с условиями заповедности участка нельзя было взять большее число моделей.

Таблица 8

Видовой состав и количественные показатели травяного яруса сухой саванны Раджпутаны

| Растение | Проективное покрытие, % | | Обилие по Друде |
|---|---|---|---|
| | *а* | *б* | |
| Aristida hirtygluma Steud., Trin. et Rupr. | 27 | 19 | Cop.$^3$ |
| Eleusine scindica Duthie | 14 | 3 | Cop.$^2$ |
| E. flagellifera Nees. | 4 | 3 | Cop.$^1$ |
| Digitaria marginata Linc. | 15 | 11 | – |
| Chloris virgata Sw. | 5 | 1 | – |
| Bachiaria ramosa (L.) Stapf. | 4 | 1 | – |
| Eragrostis sp. | 3 | 3 | – |
| Cynodon dactylon Pers. | 2 | 1 | – |
| Eremopogon foveolatus | 2 | 1 | Cop.$^1$ |
| Cenchrus ciliaris L. | 1 | – | Cop.$^1$ |
| C.setigerus Vahl. | 1 | 2 | Cop.$^1$ |
| Tragus racemosus Scop. | 1 | 1 | sp. |
| Oroperium thomaeum Trin. | 1 | 1 | sp. |
| Dichanthium annulatum Stapf. (Andropogon annulatus Forsk.) | 1 | 1 | – |
| Justicea quinquangularis Koen. ex Roxb. | 1 | 1 | sp. |
| Boerhavia diffusa L. (B. repens L.) | 1 | 1 | sol. |
| B. repanda Willd. | – | – | sol. |
| Indigofera cordifolia Heyne ex Roth. | 1 | 1 | – |
| Convolvulus pluricaulis Choisy | sol. | 1 | sol. |
| Tribulus terrestris L. | sol. | 1 | sol. |
| Acyranthes aspera L. | sol. | 1 | sol. |
| Cyperus rotundus L. | sol. | 1 | sol. |
| Dactyloctenium aegyptium (L.) P. Beauv. | – | – | sol. |
| Aristida hystrix L.f. | – | – | Cop.$^1$ |
| Tephrosia purpurea (L.) Pers. | – | – | sp. |
| Hibiscus furcatus Willd. | – | – | sol. |
| Melochia sp. | – | – | sol. |
| Trianthema monogyna L. (T. portulacastrum L.) | – | – | sol. |
| Melotria maderaspatana Cogn. | – | – | sol. |
| Общее проективное покрытие, % | 80 | 65 | 70 |

Примечание: *а* – на участке 4; *б* – среднее по шести участкам; обилие по Друде определялось на пробной площади.

соответствующим пересчетом на 1 га. Была также определена фитомасса корней путем отбора всех корней у спиленных модельных деревьев на глубину до 150 см, с дальнейшим пересчетом на 1 га. Однако учет не был полным, так как корни Prosopis spicigera L. идут на глубину до 4 м (Благовещенский, 1967), а может быть и более; поэтому мы увеличили полученные величины[1] на 1/4.

Надземная и подземная фитомасса кустарников была определена нами по среднему кусту каждого вида и каждого класса размеров. Надземная фитомасса травяного покрова непосредственно не определялась, и мы воспользовались данными А.С. Сехавата за 1960/61 г.; за этот год полная годичная продукция надземной фитомассы составила 2,2 т/га (воздушно-сухая масса)[2].

Корни растений травяного яруса нами не учитывались и мы приняли величину в 4,4 т/га, основанную на установленном Э.Н. Благовещенским (1967) двукратном превышении веса корней против веса надземной массы; данные его основывались на непосредственных определениях по небольшим образцам в 32-кратной повторности.

В табл. 9 сопоставлены наши данные с данными Э.Н. Благовещенского (1967). Отметим, что пробная площадь, им обследованная, находилась в несколько более засушливых условиях, чем наша. Это и обусловило меньшие показатели как фитомассы, так и прироста. Однако очень примечательно, что процентные соотношения структурных частей фитомассы и прироста чрезвычайно близки. Эти же соотношения при сравнении с таковыми саксауловых пустынь показывают совсем иное: в саксаульнике на долю зеленых частей приходится 2%, в саванне – 11%, на долю многолетних надземных частей – 47 и 10%, а корней – 88 и 42% соответственно. Это еще раз подтверждает тезис, что господствующие сообщества Раджпутаны отнюдь не следует относить к пустынному типу растительности.

Химический состав растений. Показатели содержания зольных элементов и азота (табл. 10) как в древесных, так и в кустарниковых и травянистых растениях характеризуются средними величинами (за исключением Calotropis procera (L.), где эти показатели возрастают). Выявляется та же общая закономерность в распределении элементов в различных органах растений, что и у растений других регионов: наибольшее их количество накапливается в листьях или зеленых однолетних побегах, заметно меньшее – в корнях и еще меньшее – в многолетних одревесневших частях. При этом в листьях деревьев и кустарников, при ведущем положении в составе зольных веществ Ca и K, обычно преобладает Ca; в надземной

---

[1] Шанти Серап (Shanti Sarup, 1952) отмечает, что на песчаной почве корни Prosopis spicigera могут иногда вчетверо-впятеро превышать высоту дерева.

[2] Это средняя по шести делянкам. На отдельных же делянках за 1959/60 и 1960/61 гг. величина годичной продукции колебалась от 1,2 до 2,9 т/га.

Таблица 9

Показатели структуры фитомассы и прироста сухой саванны Раджлутаны, т/га

| Растения и их органы | Фитомасса | | Прирост | |
|---|---|---|---|---|
| | Наши данные | Благовещенский (1967) | Наши данные | Благовещенский (1967) |
| | | Древостой | | |
| Prosopis spicigera L. | | | | |
| листья | 0,66 | 0,6 | 0,66 | 0,6 |
| ствол | 9,40 | 10,0 | 0,43 | 0,1 |
| ветви | 2,80 | | | |
| корни | 6,70 | 5,0 | 0,67 | 0,5 |
| | | Кустарниковый ярус | | |
| Capparis aphylla Roth., Calotropis procera (L.) Dryand и др. | | | | |
| листья | 0,01 | – | 0,01 | – |
| ствол, ветви | 0,40 | – | 0,014 | – |
| корни | 0,20 | – | 0,02 | – |
| | | Травяной ярус | | |
| Aristida hirtygluma Steud. ex Trin. et Rupr., Eleusine scindica Duthie и др. | | | | |
| листья, стебли | 2,20 | 2,0 | 2,20 | 2,0 |
| корни | 4,40 | 4,0 | 2,84 | 2,0 |
| Зеленые части | 2,9 | 2,6 | 2,9 | 2,6 |
| То же, % | 11 | 12 | 42 | 50 |
| Многолетние надземные части | 12,6 | 10,0 | 0,444 | 0,1 |
| То же, % | 47 | 46 | 2 | 1 |
| Корни | 11,3 | 9,0 | 3,53 | 2,5 |
| То же, % | 42 | 42 | 56 | 49 |
| Вся фитомасса | 26,8 | 21,6 | 6,874 | 5,2 |
| То же, % | 100 | 100 | 100 | 100 |

Таблица 10

Содержание азота и зольных элементов в растениях сухой саванны Раджпутаны, % на сухое вещество

| Растение | Части растений | N | Чистая зола | Si | Ca | K | Mg | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prosopis spicigera | Листья | 2,27 | 8,80 | 0,10 | 2,63 | 1,24 | 0,38 | 0,09 |
| | Ветви, ствол | 0,71 | 3,62 | 0,03 | 1,46 | 0,41 | 0,25 | 0,04 |
| | Корни | 0,92 | 6,04 | 0,09 | 2,22 | 0,56 | 0,40 | 0,01 |
| Capparis aphylla | Зеленые побеги | 2,51 | 8,29 | 0,03 | 1,06 | 2,44 | 0,23 | 0,07 |
| | Ветви, ствол | 1,24 | 2,69 | 0,02 | 0,24 | 0,71 | 0,12 | 0,01 |
| | Корни | 0,27 | 3,74 | 0,08 | 0,42 | 0,70 | 0,13 | 0,01 |
| Calotropis procera | Листья | 2,09 | 17,33 | 0,44 | 3,21 | 1,94 | 1,58 | 0,15 |
| | Ветви, ствол | 0,45 | 2,32 | 0,03 | 0,13 | 0,43 | 0,36 | 0,06 |
| | Корни | 0,96 | 2,76 | 0,04 | 0,16 | 0,61 | 0,43 | 0,09 |
| Aristida hirtygluma | Стебли, листья | 0,92 | 5,01 | 0,92 | 0,60 | 0,75 | 0,20 | 0,13 |
| | Корни | 0,80 | 3,10 | 0,40 | 0,40 | 0,33 | 0,13 | 0,04 |
| Eleusine scindica | Стебли, листья | 1,21 | 8,35 | 0,98 | 0,73 | 0,99 | 0,12 | 0,13 |
| | Корни | 0,78 | 3,33 | 0,39 | 0,54 | 0,46 | 0,10 | 0,05 |
| Cenchrus setigerus | Стебли, листья | 1,86 | 9,31 | 1,59 | 0,96 | 1,25 | 0,20 | 0,10 |
| | Корни | 0,88 | 7,85 | 0,85 | 0,92 | 0,81 | 0,11 | 0,06 |
| Cynodon dactylon | Стебли, листья | 1,14 | 5,77 | 0,84 | 0,65 | 0,82 | 0,13 | 0,11 |
| | Корни | 0,84 | 2,21 | 0,33 | 0,22 | 0,30 | 0,10 | 0,02 |
| Eleusine flagellifera | Стебли, листья | 1,91 | 7,67 | 0,86 | 1,27 | 1,66 | 0,14 | 0,24 |
| | Корни | 0,80 | 3,04 | 0,36 | 0,52 | 0,29 | 0,14 | 0,08 |
| Злаки, смесь | Стебли, листья | 1,40 | 7,22 | 1,10 | 0,86 | 1,09 | 0,16 | 0,14 |
| | Корни | 0,82 | 3,91 | 0,50 | 0,54 | 0,44 | 0,12 | 0,05 |
| Разнотравье, смесь | Стебли, листья | 1,45 | 8,42 | 0,60 | 0,78 | 1,88 | 0,42 | 0,14 |
| | Корни | 1,10 | 7,00 | 0,32 | 1,20 | 0,74 | 0,38 | 0,06 |

Таблица 10 (окончание)

| Растение | Части растений | Al | Fe | Mn | S | Na | Cl | Сумма без N | Сумма с N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prosopis | Листья | 0,08 | 0,04 | 0,002 | 0,46 | 0,07 | 0,12 | 5,21 | 7,48 |
| spicigera | Ветви, ствол | 0,10 | 0,06 | 0,002 | 0,08 | 0,02 | 0,02 | 2,47 | 3,18 |
| | Корни | 0,26 | 0,02 | 0,002 | 0,17 | 0,04 | 0,10 | 3,87 | 4,79 |
| Capparis | Зеленые побеги | 0,03 | 0,01 | 0,002 | 1,11 | 0,03 | 0,05 | 5,06 | 7,57 |
| aphylla | Ветви, ствол | Следы | 0,01 | 0,002 | 0,49 | 0,004 | 0,02 | 1,62 | 2,86 |
| | Корни | 0,03 | 0,02 | 0,002 | 0,68 | 0,01 | 0,01 | 2,09 | 2,36 |
| Calotropis | Листья | 0,15 | 0,03 | 0,001 | 1,22 | 1,09 | 1,55 | 11,36 | 13,45 |
| procera | Ветви, ствол | 0,07 | 0,02 | 0,003 | 0,08 | 0,24 | 0,12 | 1,54 | 1,99 |
| | Корни | 0,09 | 0,01 | 0,003 | 0,59 | 0,22 | 0,08 | 2,32 | 3,28 |
| Aristida | Стебли, листья | 0,04 | 0,02 | 0,04 | 0,07 | 0,04 | 0,16 | 2,97 | 3,89 |
| hirtygluma | Корни | 0,08 | 0,06 | 0,03 | 0,06 | 0,03 | 0,10 | 1,66 | 2,46 |
| Eleusine | Стебли, листья | 0,11 | 0,08 | 0,05 | 0,49 | 0,11 | 0,19 | 3,98 | 5,19 |
| scindica | Корни | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,20 | 0,05 | 0,16 | 2,08 | 2,86 |
| Cenchrus | Стебли, листья | 0,12 | 0,11 | 0,04 | 0,26 | 0,11 | 0,17 | 4,91 | 6,77 |
| setigerus | Корни | 0,10 | 0,09 | 0,04 | 0,10 | 0,23 | 0,15 | 3,46 | 4,34 |
| Cynodon | Стебли, листья | 0,06 | 0,09 | 0,05 | 0,24 | 0,21 | 0,35 | 3,55 | 4,69 |
| dactylon | Корни | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,10 | 0,06 | 0,16 | 1,43 | 2,27 |
| Eleusine fla- | Стебли, листья | 0,12 | 0,12 | 0,06 | 0,43 | 0,20 | 0,19 | 5,29 | 7,20 |
| gellifera | Корни | 0,07 | 0,09 | 0,04 | 0,20 | 0,08 | 0,08 | 1,95 | 2,75 |
| Злаки, смесь | Стебли, листья | 0,09 | 0,08 | 0,05 | 0,20 | 0,15 | 0,21 | 4,13 | 5,53 |
| | Корни | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,13 | 0,09 | 0,13 | 2,18 | 3,00 |
| Разнотравье, | Стебли, листья | 0,18 | 0,05 | 0,04 | 0,28 | 0,10 | 0,21 | 4,68 | 6,13 |
| смесь | Корни | 0,10 | 0,07 | 0,02 | 0,12 | 0,12 | 0,10 | 3,23 | 4,33 |

зеленой части трав – наоборот, K. Для видов семейства бобовых (Prosopis spicigera), а также для травянистого разнотравья характерны наиболее высокие показатели содержания в зеленых частях Ca и K, а у злаков – Si и K.

Представители всех семейств (а не только злаковых) активнее, чем растения более северных широт, аккумулируют Si, а также Al и Fe, что типично для растений субтропического и в особенности тропического поясов. Для злаковых характерно более высокое, чем в севернее расположенных регионах, содержание Ca. У ряда растений (Calotropis procera, Eleusine flagellifera, E. scindica, Cynodon dactylon) отмечены некоторые признаки галофитизма, проявляющегося в более активном поглощении S, Cl и Na.

Все эти черты избирательной способности растений поглощать элементы зольной пищи выявляются и при оценке запасов химических элементов в фитомассе, характера их потребления на построение годичного прироста, а следовательно, и возврата в почву с опадом. Запас зольных элементов и азота в фитомассе составляет более 750 кг/га (табл. 11). Из них основное количество (более половины) сосредоточено в многолетних надземных органах. Такое распределение элементов питания аналогично распределению в тропических саваннах, хотя запасы зольных элементов и азота в последних выше (Родин, Базилевич, 1965).

Как по запасам химических веществ, так и по характеру их распределения по структурным частям фитомассы сообщество сухой саванны Индии резко отличается от черносаксаульников песчаных пустынь Средней Азии. Основная масса элементов у последних сосредоточена в корневых системах. Соотношения между химическими элементами также иные. В сухих саваннах основное значение имеет Ca; затем следуют N и K; довольно заметна доля Si; роль биогалогенов (Na + Cl + S избыточная[1]) весьма незначительна (около 5% суммы зольных веществ). В черносаксаульниках, при преобладании в фитомассе элементов N и Ca и ничтожном значении Si, на долю биогалогенов приходится до 25% и более.

В накоплении ведущих элементов – Ca, N и K в фитомассе сухой саванны основная роль принадлежит древесно-кустарниковому ярусу, тогда как накопление Si и биогалогенов обязано главным образом травам.

Ежегодное потребление зольных элементов и азота на прирост в сухих саваннах Индии составляет более 280 кг/га. Из них ведущая роль принадлежит N, затем следуют Ca, K и Si (табл. 12). В связи с тем что в приросте по сравнению с фитомассой возрастает значение зеленых однолетних органов, в составе ежегодно потребляемых элементов питания увеличивается доля биогалогенов (до 9,4% суммы зольных веществ). Однако эти показатели ни в какое сравнение не идут с таковыми черносаксаульников песчаных пустынь

[1] Сера, содержащаяся в растениях сверх 0,1–0,15%, относится к биогалогенам (Родин, Базилевич, 1965).

Таблица 11

Запас азота и зольных элементов в фитомассе сухой саванны Раджпутаны, кг/га

| Растение | Части растений | Фитомасса, т/га | N | Чистая зола | Si | Ca | K | Mg | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prosopis spicigera | Листья | 0,66 | 15,00 | 58,20 | 0,66 | 17,38 | 8,17 | 2,55 | 0,59 |
| Capparis aphylla (C. decidua) | Зеленые побеги | 0,006 | 0,15 | 0,50 | 0,002 | 0,06 | 0,15 | 0,01 | 0,004 |
| Calotropis procera | Листья | 0,004 | 0,08 | 0,69 | 0,002 | 0,13 | 0,08 | 0,07 | 0,01 |
| Aristida hirtygluma | Стебли и листья | 0,77 | 7,08 | 38,60 | 7,08 | 4,62 | 5,77 | 1,54 | 1,00 |
| Eleusine scindica | То же | 0,44 | 5,32 | 36,78 | 4,31 | 3,22 | 4,36 | 0,53 | 0,57 |
| Cenchrus setigerus | " | 0,22 | 4,11 | 20,04 | 3,50 | 2,15 | 2,75 | 0,44 | 0,22 |
| Cynodon dactylon | " | 0,20 | 2,28 | 11,56 | 1,68 | 1,30 | 1,64 | 0,26 | 0,22 |
| Eleusine flagellifera | " | 0,15 | 2,86 | 11,50 | 1,29 | 1,91 | 2,49 | 0,21 | 0,36 |
| Злаки, смесь | " | 0,22 | 3,08 | 15,88 | 2,42 | 1,89 | 2,40 | 0,35 | 0,31 |
| Разнотравье | " | 0,20 | 2,90 | 16,82 | 1,20 | 1,56 | 3,76 | 0,84 | 0,28 |
| | Итого зеленые части | 2,90 | 42,86 | 210,57 | 22,14 | 34,22 | 31,57 | 6,80 | 3,56 |
| Prosopis spicigera | Ветви, ствол | 12,20 | 86,62 | 442,00 | 3,66 | 178,12 | 50,02 | 30,50 | 4,88 |
| Capparis aphylla | То же | 0,25 | 3,10 | 6,72 | 0,05 | 0,60 | 1,77 | 0,30 | 0,03 |
| Calotropis procera | " | 0,15 | 0,67 | 3,48 | 0,05 | 0,20 | 0,64 | 0,54 | 0,09 |
| | Итого многолетние части | 12,60 | 90,39 | 452,20 | 3,76 | 178,92 | 52,43 | 31,34 | 5,00 |
| Prosopis spicigera | Корни | 6,70 | 6,16 | 40,40 | 0,60 | 14,87 | 3,75 | 2,68 | 0,07 |
| Capparis aphylla | То же | 0,10 | 0,27 | 3,74 | 0,08 | 0,42 | 0,70 | 0,13 | 0,01 |
| Calotropis procera | " | 0,10 | 0,96 | 2,76 | 0,04 | 0,16 | 0,61 | 0,43 | 0,09 |
| Aristida hirtygluma | " | 1,54 | 14,15 | 77,20 | 14,15 | 9,24 | 11,57 | 3,08 | 2,00 |
| Eleusine scindica | " | 0,88 | 6,87 | 29,22 | 3,42 | 4,75 | 4,05 | 0,88 | 0,44 |
| Cenchrus setigerus | " | 0,44 | 3,87 | 34,50 | 3,74 | 4,05 | 3,56 | 0,48 | 0,26 |
| Cynodon dactylon | " | 0,40 | 3,36 | 8,84 | 1,32 | 0,88 | 1,20 | 0,40 | 0,08 |
| Eleusine flagellifera | " | 0,30 | 2,40 | 9,12 | 1,08 | 1,56 | 0,87 | 0,42 | 0,24 |
| Злаки, смесь | " | 0,44 | 3,65 | 17,21 | 2,20 | 2,38 | 1,94 | 0,53 | 0,20 |
| Разнотравье | " | 0,40 | 4,40 | 28,00 | 1,28 | 4,80 | 2,96 | 1,52 | 0,24 |
| | Итого корни | 11,30 | 46,09 | 250,99 | 27,91 | 43,11 | 31,21 | 10,55 | 3,63 |
| | Всего фитомасса | 26,80 | 179,34 | 913,76 | 53,81 | 256,25 | 115,21 | 48,69 | 12.19 |

Таблица 11 (окончание)

| Растение | Части растений | Al | Fe | Mn | S | Na | Cl | Сумма без N | Сумма с N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prosopis spicigera | Листья | 0,53 | 0,26 | 0,01 | 3,04 | 0,46 | 0,79 | 34,44 | 49,44 |
| Capparis aphylla (C. decidua) | Зеленые побеги | 0,002 | 0,001 | Сл. | 0,07 | 0,002 | 0,003 | 0,30 | 0,45 |
| Calotropis procera | Листья | 0,01 | 0,001 | " | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 0,45 | 0,53 |
| Aristida hirtygluma | Стебли и листья | 0,31 | 0,15 | 0,31 | 0,54 | 0,31 | 1,23 | 22,86 | 29,94 |
| Eleusine scindica | То же | 0,49 | 0,35 | 0,22 | 2,16 | 0,49 | 0,85 | 17,55 | 22,87 |
| Cenchrus setigerus | " | 0,26 | 0,24 | 0,09 | 0,87 | 0,24 | 0,37 | 11,13 | 15,24 |
| Cenodon dactylon | " | 0,12 | 0,18 | 0,10 | 0,48 | 0,42 | 0,70 | 7,10 | 9,38 |
| Eleusine flagellifera | " | 0,18 | 0,18 | 0,09 | 0,65 | 0,30 | 0,28 | 7,94 | 10,80 |
| Злаки, смесь | " | 0,20 | 0,18 | 0,11 | 0,44 | 0,33 | 0,46 | 9,09 | 12,17 |
| Разнотравье | " | 0,36 | 0,10 | 0,08 | 0,56 | 0,20 | 0,42 | 9,36 | 12,26 |
| | Итого зеленые части | 2,46 | 1,64 | 1,01 | 8,86 | 2,79 | 5,16 | 120,22 | 163,08 |
| Prosopis spicigera | Ветви, ствол | 12,20 | 7,32 | 0,24 | 9,76 | 2,42 | 2,42 | 301,54 | 388,16 |
| Capparis aphylla | То же | Сл. | 0,03 | 0,01 | 1,22 | 0,01 | 0,05 | 4,07 | 7,17 |
| Calotropis procera | " | 0,11 | 0,03 | 0,01 | 0,12 | 0,36 | 0,18 | 2,33 | 3,00 |
| | Итого многолетние части | 12,31 | 7,38 | 0,26 | 11,10 | 2,79 | 2,65 | 307,94 | 398,33 |
| Prosopis spicigera | Корни | 1,74 | 0,13 | 0,01 | 1,04 | 0,27 | 0,67 | 25,83 | 31,99 |
| Capparis aphylla | То же | 0,03 | 0,02 | 0,002 | 0,68 | 0,01 | 0,01 | 2,09 | 2,36 |
| Calotropis procera | " | 0,09 | 0,01 | 0,003 | 0,59 | 0,22 | 0,08 | 2,32 | 3,28 |
| Aristida hirtygluma | " | 0,62 | 0,31 | 0,62 | 1,08 | 0,62 | 2,46 | 47,75 | 59,90 |
| Eleusine scindica | " | 0,53 | 0,35 | 0,26 | 1,76 | 0,44 | 1,42 | 18,30 | 25,17 |
| Cenchrus setigerus | " | 0,44 | 0,40 | 0,18 | 0,44 | 1,02 | 0,66 | 15,23 | 19,10 |
| Cynodon dactylon | " | 0,20 | 0,24 | 0,12 | 0,40 | 0,24 | 0,64 | 5,72 | 9,08 |
| Eleusine flagellifera | " | 0,21 | 0,27 | 0,12 | 0,60 | 0,24 | 0,24 | 5,85 | 8,25 |
| Злаки, смесь | " | 0,34 | 0,34 | 0,18 | 0,57 | 0,40 | 0,57 | 9,65 | 13,30 |
| Разнотравье | " | 0,40 | 0,28 | 0,08 | 0,48 | 0,48 | 0,40 | 12,92 | 17,32 |
| | Итого корни | 4,60 | 2,35 | 1,57 | 7,64 | 3,94 | 7,15 | 143,66 | 189,75 |
| | Всего фитомасса | 19,37 | 11,37 | 2,84 | 17,60 | 9,52 | 14,96 | 571,81 | 751,16 |

Таблица 12. Потребление азота и зольных элементов в приросте сухой саванны Раджпутаны, кг/га

| Растение | Части растений | Прирост, т/га | N | Чистая зола | Si | Ca | K | Mg | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prosopis spicigera | Листья | 0,66 | 15,00 | 58,20 | 0,66 | 17,38 | 8,17 | 2,55 | 0,59 |
| Capparis aphylla | Зеленые побеги | 0,006 | 0,15 | 0,50 | 0,002 | 0,06 | 0,15 | 0,01 | 0,004 |
| Calotropis procera и др. | Листья | 0,004 | 0,08 | 0,69 | 0,002 | 0,13 | 0,08 | 0,07 | 0,01 |
| Aristida hirtygluma | Стебли и листья | 0,77 | 7,08 | 38,60 | 7,08 | 4,62 | 5,77 | 1,54 | 1,00 |
| Eleusine scindica | То же | 0,44 | 5,32 | 36,78 | 4,31 | 3,22 | 4,36 | 0,53 | 0,57 |
| Cenchrus setigerus | " | 0,22 | 4,11 | 20,04 | 3,50 | 2,15 | 2,75 | 0,44 | 0,22 |
| Cynodon dactylon | " | 0,20 | 2,28 | 11,56 | 1,68 | 1,30 | 1,64 | 0,26 | 0,22 |
| Eleusine flagellifera | " | 0,15 | 2,86 | 11,50 | 1,29 | 1,91 | 2,49 | 0,21 | 0,36 |
| Злаки, смесь | " | 0,22 | 3,08 | 15,88 | 2,42 | 1,89 | 2,40 | 0,35 | 0,31 |
| Разнотравье | " | 0,20 | 2,90 | 16,82 | 1,20 | 1,56 | 3,76 | 0,84 | 0,28 |
| | Итого зеленые части | 2,90 | 42,86 | 210,57 | 22,14 | 34,22 | 31,57 | 6,80 | 3,57 |
| Prosopis spicigera | Ветви, ствол | 0,43 | 3,05 | 15,51 | 0,13 | 6,28 | 1,76 | 1,08 | 0,17 |
| Capparis aphylla | То же | 0,009 | 0,01 | 0,24 | Сл. | Сл. | 0,01 | Сл. | Сл. |
| Calotropis procera и др. | " | 0,005 | 0,02 | 0,12 | " | " | 0,02 | 0,02 | " |
| | Итого многолетние части | 0,444 | 3,08 | 15,87 | 0,13 | 6,28 | 1,79 | 1,10 | 0,17 |
| Prosopis spicigera | Корни | 0,67 | 0,62 | 4,04 | 0,06 | 1,49 | 0,38 | 0,27 | 0,01 |
| Capparis aphylla | То же | 0,01 | 0,03 | 0,37 | 0,01 | 0,04 | 0,07 | 0,01 | Сл. |
| Calotropis procera и др. | " | 0,01 | 0,10 | 0,28 | 0,004 | 0,02 | 0,06 | 0,04 | 0,01 |
| Aristida hirtygluma | " | 1,54 | 14,15 | 77,20 | 14,15 | 9,24 | 11,57 | 3,08 | 2,00 |
| Eleusine scindica | " | 0,29 | 2,29 | 9,74 | 1,14 | 1,58 | 1,35 | 0,29 | 0,15 |
| Cenchrus setigerus | " | 0,15 | 1,29 | 11,50 | 1,25 | 1,35 | 1,18 | 0,16 | 0,09 |
| Cynodon dactylon | " | 0,12 | 1,01 | 2,66 | 0,40 | 0,26 | 0,36 | 0,12 | 0,02 |
| Eleusine flagellifera | " | 0,10 | 0,80 | 3,04 | 0,36 | 0,52 | 0,29 | 0,14 | 0,08 |
| Злаки, смесь | " | 0,44 | 3,65 | 17,21 | 2,20 | 2,38 | 1,94 | 0,53 | 0,20 |
| Разнотравье | " | 0,20 | 2,20 | 14,00 | 0,64 | 2,40 | 1,48 | 0,76 | 0,12 |
| | Итого корни | 3,53 | 26,14 | 140,04 | 20,21 | 19,28 | 18,68 | 5,40 | 2,68 |
| | Всего прирост | 6,874 | 72,08 | 366,48 | 42,48 | 59,78 | 52,04 | 13,30 | 6,42 |

Таблица 12 (окончание)

| Растение | Части растений | Al | Fe | Mn | S | Na | Cl | Сумма без N | Сумма с N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prosopis spicigera | Листья | 0,53 | 0,26 | 0,01 | 3,04 | 0,46 | 0,79 | 34,44 | 49,44 |
| Capparis aphylla | Зеленые побеги | 0,002 | 0,001 | Сл. | 0,07 | 0,002 | 0,003 | 0,30 | 0,45 |
| Calotropis procera и др. | Листья | 0,01 | 0,001 | " | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 0,45 | 0,53 |
| Aristida hirtygluma | Стебли и листья | 0,31 | 0,15 | 0,31 | 0,54 | 0,31 | 1,23 | 22,86 | 29,94 |
| Eleusine scindica | То же | 0,49 | 0,35 | 0,22 | 2,16 | 0,49 | 0,85 | 17,55 | 22,87 |
| Cenchrus setigerus | " | 0,26 | 0,24 | 0,09 | 0,87 | 0,24 | 0,37 | 11,13 | 15,24 |
| Cynodon dactylon | " | 0,12 | 0,18 | 0,10 | 0,48 | 0,42 | 0,70 | 7,10 | 9,38 |
| Eleusine flagellifera | " | 0,18 | 0,18 | 0,09 | 0,65 | 0,30 | 0,28 | 7,94 | 10,80 |
| Злаки, смесь | " | 0,20 | 0,18 | 0,11 | 0,44 | 0,33 | 0,46 | 9,09 | 12,17 |
| Разнотравье | " | 0,36 | 0,10 | 0,08 | 0,56 | 0,20 | 0,42 | 9,36 | 12,26 |
| | Итого зеленые части | 2,46 | 1,64 | 1,01 | 8,86 | 2,79 | 5,16 | 120,22 | 163,08 |
| Prosopis spicigera | Ветви, ствол | 0,43 | 0,26 | 0,01 | 0,34 | 0,08 | 0,08 | 10,62 | 13,67 |
| Capparis aphylla | То же | Сл. | Сл. | Сл. | 0,005 | Сл. | Сл. | 0,02 | 0,03 |
| Calotropis procera и др. | " | " | " | " | Сл. | " | " | 0,04 | 0,06 |
| | Итого многолетние части | 0,43 | 0,26 | 0,01 | 0,35 | 0,08 | 0,08 | 10,68 | 13,76 |
| Prosopis spicigera | Корни | 0,17 | 0,01 | Сл. | 0,10 | 0,03 | 0,07 | 2,59 | 3,21 |
| Capparis aphylla | То же | 0,003 | 0,002 | " | 0,07 | 0,001 | 0,001 | 0,20 | 0,23 |
| Calotropis procera и др. | " | 0,01 | 0,001 | " | 0,06 | 0,02 | 0,01 | 0,23 | 0,33 |
| Aristida hirtygluma | " | 0,62 | 0,31 | 0,62 | 1,08 | 0,62 | 2,46 | 45,75 | 59,90 |
| Eleusine scindica | " | 0,18 | 0,12 | 0,09 | 0,59 | 0,15 | 0,47 | 6,11 | 8,40 |
| Cenchrus setigerus | " | 0,15 | 0,13 | 0,06 | 0,15 | 0,34 | 0,22 | 5,08 | 6,37 |
| Cynodon dactylon | " | 0,06 | 0,07 | 0,04 | 0,12 | 0,07 | 0,19 | 1,71 | 2,72 |
| Eleusine flagellifera | " | 0,07 | 0,09 | 0,04 | 0,20 | 0,08 | 0,08 | 1,95 | 2,75 |
| Злаки, смесь | " | 0,34 | 0,34 | 0,18 | 0,57 | 0,40 | 0,57 | 9,65 | 13,30 |
| Разнотравье | " | 0,20 | 0,14 | 0,04 | 0,24 | 0,24 | 0,20 | 6,46 | 8,66 |
| | Итого корни | 1,80 | 1,21 | 1,07 | 3,18 | 1,95 | 4,27 | 79,73 | 105,87 |
| | Всего прирост | 4,69 | 3,11 | 2,09 | 12,39 | 4,82 | 9,51 | 210,63 | 282,71 |

Средней Азии, где относительное значение биогалогенов в составе потребляемых элементов очень велико – 30 и даже 50%. Средневзвешенное содержание зольных веществ в приросте сообщества сухой саванны около 3%, в то время как в черносаксаульниках оно близко к 5%.

Таким образом, биологический круговорот в сухих саваннах характеризуется следующими показателями: по типу химизма обращающихся в биологических циклах элементов он является кальциево-азотным с заметным участием K и Si; емкость обмена средняя, зольность средняя, продуктивность средняя. Характерна сравнительно высокая доля в составе ежегодно потребляемых химических веществ Al и Fe (3,7%), несмотря на незначительное содержание их в почве, что типично для растительных сообществ субтропического и в особенности тропического поясов. На долю Ca приходится более 28%, что также отличает травяные сообщества субтропического пояса от сообществ суббореальных степей, где относительное содержание Ca в составе ежегодно потребляемых зольных веществ не более 15–17%.

Итак, по структуре фитомассы и прироста и по особенностям их химизма сообщества Prosopis spicigera Раджпутаны не имеют общих черт с древесно-кустарниковыми пустынными сообществами. Следовательно, доводы в пользу отнесения Раджпутаны к сухой саванне получили новые подтверждения.

Материалы, приведенные выше и позволяющие вскрыть общие черты направленности почвообразования, выветривания и глинообразования, также свидетельствуют о ряде особенностей Раджпутаны, отличающих ее от аридных областей суббореального пояса.

ЛИТЕРАТУРА


Благовещенский Э.Н. Сухие саванны Северо-Западной Индии. – Проблемы освоения пустынь, 1967, № 1.

Благовещенский Э.Н. Эоловые формы рельефа в восточной части пустыни Тар (Индия). – Проблемы освоения пустынь. 1968, № 2.

Градусов Б.П. Рентгенодифрактометрический метод в минералогических исследованиях почв. – Почвоведение, 1967, № 10.

Градусов Б.П. Размещение основных типов профилей глинистого материала почв. – Докл. АН СССР, 1972, т. 205, № 2.

Градусов Б.П., Онищенко С.К. Минералогический состав фракций < 0,001 мм некоторых почв долины р. Хабур. – Вестник МГУ, серия биол., почвовед., 1966, № 3.

Николаев В.А., Рябчиков А.М. Аридные ландшафты Раджастана. – Изв. ВГО, 1965, т. 97, № 1.

Разумова В.Н. Кора выветривания и гидротермальные образования Батумского побережья Кавказа. – Докл. АН СССР, 1970, т. 190, № 2.

Ратеев М.А., Градусов Б.П., Ильинская М.Н. Глинообразование при постмагматических изменениях андезито-базальтов силура Южного Урала. – Литология и полезные ископаемые, 1972, № 2.

Родин Л.Е. Растительность пустынь Западной Туркмении. М.–Л., Изд-во АН СССР, 1963.

Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.–Л., "Наука", 1965.
Сосновская В.П. Минералогический состав илистых фракций обыкновенного серозема и коричневой карбонатной почвы Яванской долины. Тезисы докладов IV Всесоюзного делегатского съезда почвоведов, кн. 3. Алма-Ата, 1970.
Фридланд В.М. Почвы и коры выветривания Западного Пакистана. – В кн.: Генезис и география почв зарубежных стран по исследованиям советских авторов. Доклады к IX Международному конгрессу почвоведов. М., "Наука", 1968.
Badhwar R.L., Dey A.C., Griffith A.L. The afforestation of dry and arid areas. – India Forest Bull., N 133.
Bhimaya C.P. Letter to the Editor. Indian Forester, 1960, v.86, N 12.
Biscaye P.E. Mineralogy and sedimentation of deep sea sediment fine fraction. Unpublished Ph.D. Thesis, Yale Univ., 1964.
Blatter E., Hallberg F. The flora of the Indian desert (Jodhpur and Jaisalmer). – J. Bombay Natur. Hist. Soc., 1918, v.26, N 1–4.
Bose A.B., Malhotra S.P., Saxens S.P. Problem of nomadism in the arid zone of W.Rajasthan. UNESCO Sympos. on Problems Arid Zone, 1964.
Burns W. a. oth. Grassland problems in Western India. – Bombay Dept Agric. Bull., 1932, N 171.
Chatterji P.C., Gupta R.K. Geobotanical studies in geohydrological surveys in the arid zone of W.Rajasthan. – Ann. Arid Zone, 1969, v.8, N 2.
Das S.C., Tamhane R.V. Clay minerals of some Indian soils under different climate conditions. – 7–th Internat. Congr. Soil Sci., comm. VII, 1960.
Ferguson I.A. Transformation of clay minerals in block barths and red loams of basaltic origin Australia. – J. Agric. Res., 1954, v.5, N 1.
Ghosh A. The Rajputana desert – its archaeological aspect. – Bull. Nat. Inst. Sci. India, 1952, v.1.
Gupta R. Investigation of the desert soils of Rajasthan. – J. Indian Soc. Soil Sci., 1958, v.6, N 2.
Gupta R. Anthropogenic influences of the vegetation of Western Rajasthan. – Vegetation (Acta geobotanica), 1968, v.16, N 1–2.
Kanodia K.C., Gupta R.K. Sand dune flora of Western Rajasthan. – J. Bombay Natur. Hist. Soc., 1969, v.65, N 3.
Hora S.L. The Rajputana desert. Its value in India's economy. – Bull. Nat. Inst. Sci. India, 1952, v.1.
Hseung J., Jackson M.L. Mineral composition of the clay fraction. III. Some main soil groups of China. – Proc. Soil Sci. America, 1952, v.16, N 3.
Le Houérou H.–N. La végétation de la Tunisie steppique. – Ann. Inst. Nat. Recherche Agron. Tunisie, v.42, N 5.
Mc Neal B.L. Clay mineral variability in some Punjab soils. – Soil. Sci., v.102, N 1.
Nagelschmidt G. a. oth. The minerals in the clay fractions of a black cotton soil and red earth from Hyderabad, Decan State India – Agric. Sci., 1940, v.30.
Prakash M., Nanda P.C. Ecological distribution of natural fodder grasses in W.Rajasthan. – Indian Forester, 1961, v.87, N 1.
Puri G.S. The present position of the plant ecology of the desert of Rajasthan and Saurashtra. – Bull. Nat. Inst. Sci. India, 1952, v.1.
Radoslavich E.W. Clay mineralogy of some Australian redbrown earths. – J. Soil Sci., 1958, v.9, N 2.
Raychaudhuri S.P. Development of legends for classification and nomenclature Indian soil. – J. Indian Soc. Soil Sci., 1962, v.10, N 1.
Sankalia H.D. The condition of Rajputana in the past as deduced from archaeological evidence. – Bull. Nat. Inst. Sci. India, 1952, N 1.

Satyaranayan Y. Habitat and plant communities of the Indian desert. – UNESCO Sympos. "Problems of Indian Arid Zone". Mimeo, 1964.
Schokalsky Z.Y. The natural conditions of soil formation in India. – In: Contribution to the knowledge of the Soil of Asia, v. 2. Leningrad, 1932.
Shanti Sarup. Plant ecology of Jodhpur and its neighbourhood. A contribution to the ecology of North–Western Rajasthan. – Bull. Nat. Inst. Sci. India, 1952, N 1.
Walter H., Lieth H. Klimadiagramm – Weltatlas. Jena, 1960.

## ABSTRACT

New data on vegetation and soils of the Tar desert are given. Investigation of the plant cover allowed to define the zonal position of the region – dry savanna, but not the desert, as it was supposed before. Basing on a comprehensive analytical investigation of the soils (determination of texture, clay mineralogy, humus composition, chemical properties) the authors defined them from the genetical point of view as subtropical cinnamonic soils.

Results of the studies on the phytomass structure and biological turnover of chemical elements proved once more the authors concept of the Rajputan area as of a dry savanna on cinnamonic soils.

*В.Г. Попов*

# АРИДНЫЕ ПОЧВЫ ДЖЕЛАЛАБАДСКОЙ ДОЛИНЫ АФГАНИСТАНА И ИХ ОСВОЕНИЕ

Почвы Джелалабадской долины Афганистана свыше десяти лет изучаются узбекскими почвоведами. Наряду с разрешением многих прикладных вопросов, связанных с рациональным использованием и улучшением земель, установлены генетическая принадлежность и основные свойства ранее совершенно неизученных почв.

Джелалабадская долина приурочена к замкнутой межгорной котловине, расположенной в среднем течении р. Кабул, в сложной горной системе южной ветви Индо-Иранской структурной зоны. Орографически она представляет собой нижнюю часть северного склона хр. Спингар и имеет абсолютные высоты от 500 до 630 м. Относительно приподнятые предгорья отличаются наиболее сложным литолого-геоморфологическим строением. Всхолмленные адыры, сложенные третичными породами, и конгломератовые гряды чередуются здесь с эрозионно-аккумулятивными покатостями древней пролювиальной равнины и межгрядовой впадины. Более распространенная древняя пролювиальная равнина сложена мелкоземисто-галечниковыми отложениями, подстилаемыми с 0,5-0,9 м конгломератами. Рельеф - от равнинного до гребнисто-овражистого. В более спокойной по рельефу межгрядовой впадине мелкоземистые аллювиально-пролювиальные отложения сменяются с глубины 2-3 м галечниками, с 5-10 м залегает конгломерат и с 12-30 м - третичные песчаники и глина.

Ниже предгорной покатости расположены обширные пространства поперечно-волнистых равнин, образованных слившимися конусами выноса периодически действующих водных и селевых потоков. Верхняя и средняя части конусов отнесены к пролювиальной равнине, так как сложены нерусловыми, неотсортированными валунно-галечниковыми отложениями. Мощность "рыхлых" галечников достигает 20-30 м, глубже, до 85-100 м, залегают конгломераты, сменяющиеся неогеновыми породами.

Периферия конусов выноса занята мелкоземистой аллювиально-пролювиальной равниной, в формировании которой основная роль принадлежит нерусловым потокам, а второстепенное значение имеют русловые водотоки с определенной морфологически выраженной зоной действия. Совмещение пролювиального и аллювиального процессов обусловило образование своеобразного широковолнистого и местами грядово-западинного рельефа с закономерным перераспределением отложений. Повышенные элементы рельефа сложены супесями и пес-

ками, пониженные – суглинками. Равнинность нередко нарушается эолово-аккумулятивными формами рельефа.

Климат Джелалабадской долины, по данным метеостанции "Джелалабад", может быть отнесен к горно-долинному варианту аридного (пустынного) субтропического континентального. По температурным условиям Джелалабадская долина заметно отличается от аридных районов Средней Азии, так как обладает чертами Иранской (возможны холодные вторжения) и Средиземноморской (общий режим температур) областей Азиатской субтропической зоны. В относительно повышенной среднегодовой температуре воздуха сказывается влияние Индо-Пакистанской области экваториальных муссонов. Годовой ход атмосферных осадков в Джелалабадской долине, с весенним максимумом, такой же, как и на южных отрогах Гиндукуша (Кабул, Читрал) и в горно-предгорных районах Средней Азии; он может быть отнесен к средиземноморскому типу (по Н.Н. Иванову).

Естественная растительность Джелалабадской долины пустынная, средиземноморско-субтропическая, с отдельными представителями тропической флоры. Травянистая растительность вегетирует в короткий мезотермический период – январь-апрель. С мая по декабрь вегетируют только кустарниковые формы. На мелкоземисто-галечниковых серо-бурых почвах преобладает однолетний ковыль Stipa tortilis. Значительно меньше эфемеров – Medicago minima, Astragalus и многих других, из которых следует выделить представителя тропиков Aristida siliata. Часто встречается низкорослый олеандр Rhazya stricta, редко – Colotropis procera – ошур (тропический элемент) и Zizyphus vulgaris. На мелкоземистых примитивных светло-серых почвах место ковыля в сообществе с эфемерами занимает корнеотпрысковое растение Elinsine fragellifera, но преобладает Medicago minima. Состав эфемеров разнообразный. На припесчаненных участках количество эфемеров резко сокращается и появляются Bottoboelia hirsuta, Heliotropum lasiocarpum, а на незакрепленных песках много Citrullus celocynthis (тропический элемент).

Генетическое разнообразие почв определяется в основном особенностями материнских пород. На древнем и современном мелкоземисто-галечниковом пролювии формируются разновозрастные серо-бурые почвы, образуя ландшафты каменистых пустынь. На мелкоземистых отложениях аллювиально-пролювиальной равнины развиты примитивные светло-серые пустынные почвы. Химический состав серо-бурых почв во многом зависит от характера и особенно возраста почвообразующих пород. В прямой зависимости от последнего находится в целом степень развитости почв.

Крайние варианты эволюционного ряда данной генетической группы характеризует разрез 28 – полноразвитая почва – и разрез 60 – неполноразвитая почва (с начальными признаками почвообразования). Серо-бурые почвы имеют следующее морфологическое строение.

Разрез 28 – полноразвитая почва.

0–3 см. Серовато-светло-бурый, гравелистый, легкосуглинистый, слабо выраженная листовато-пластинчатая структура, незначительно уплотнен, немного тонких корешков.

3–15 см. Светло-буровато-палевый, менее гравелистый, легкосуглинистый, единичные корешки, слабо- и непрочно комковатый, плотность незначительная, много белесых пятен, но не белоглазок.

15–35 см. Светло-буровато-палевый, хрящевато-среднесуглинистый, бесструктурно-комковатый, незначительно уплотнен, много бесформенных желтовато-белесых мучнистых стяжений карбонатов.

35–55 см. Белесовато-светло-бурый, менее плотный, чем верхние, сильнохрящеватый, среднесуглинистый, сплошь испещрен бесформенными стяжениями карбонатов.

С 55 см. Слабовыветрелый крупногалечниковый конгломерат на мелкоземисто-известняковом цементе.

В морфологическом профиле почв отсутствует корка и вместо нее слабо развит горизонт с листовато-пластинчатой структурой (0–3 см). Окраска горизонтов в отличие от окраски поверхности почв серовато-светло-бурая и светло-буровато-палевая. Уплотненность незначительная, заметно уменьшается над конгломератом. Карбонатные новообразования представлены белесыми или желтоватыми мучнистыми пятнами и стяжениями с максимумом в нижнем горизонте.

Разрез 60 – неполноразвитая почва.

0–17 см. Серовато-светло-бурый, сухой, супесчано-галечниковый, бесструктурный, слабоуплотненный; сверху (1–2 мм) тонкая, слабая корочка слегка уплотненного мелкозема. Сложен преимущественно мелким галечником (D – 1–5 см), пересыпанным мелкоземом. Слабо пронизан мелкими тонкими корешками; переход постепенный.

17–28 см. Серовато-буроватый, сухой, рыхлый, песчано-галечниковый; в отличие от верхнего горизонта с большим содержанием мелкого и среднего галечника и меньше пронизан корешками; переход ясный по цвету.

28–68 см. Сероватый, сухой, гравелисто-галечниковый с печаной присыпкой; бесструктурный, уплотненность отсутствует; в составе скелета преобладает средний галечник (D – 5–10 см), с нижней стороны галечника образована светло-буроватая корочка (наподобие карбонатной), шероховатая из-за вцементированного в нее крупного песка. Слабо прослеживаются прослойки серого крупнозернистого песка и буроватой супеси; переход ясный по цвету.

68–108 см. Прослойка светло-серого промытого галечника с крупнозернистым песком; преобладает мелкая галька, также имеющая натек с нижней стороны; переход ясный по цвету.

108–160 см. Северовато-буроватый, сухой, гравелисто-галечниковый с песчаной присыпкой, бесструктурный, рыхлый. Галечник снизу с натеком.

Признаки серо-бурых почв по морфологии выражены слабее: корка не образуется даже при мелкоземистых верхних горизонтах; отсутствуют оструктуренность, повышена уплотненность или цементация; верхняя часть профиля отличается заметным побурением; с нижней стороны галечника зачастую образуется карбонатный наплыв.

Мелкоземистая часть полноразвитых серо-бурых почв по механическому составу относится к песчаным легким и пылевато-песчаным средним суглинкам (табл. 1). С глубиной выветрелость усиливается, о чем свидетельствует заметное утяжеление механического состава, особенно за счет увеличения количества илистых частиц. Неполноразвитые серо-бурые почвы имеют супесчаный или песчаный механический состав, несколько более утяжеленный в верхних горизонтах под влиянием почвообразовательных процессов.

Такие резкие различия в механическом составе не оказывают существенного влияния на накопление органического вещества (табл. 2). Оно не выходит за те незначительные пределы, которые характерны вообще для пустынных почв. В более развитых почвах гумус распределяется по профилю равномерно.

Серо-бурые почвы выщелочены от легкорастворимых солей и гипса. Только по содержанию хлора отмечается местами слабое засоление. Общая щелочность невысокая. Реакция почв слабощелочная. Своеобразие серо-бурых почв Джелалабадской долины состоит в их малой карбонатности. В неполноразвитых почвах, сформированных на молодых селевых отложениях, содержание $CO_2$ карбонатов не превышает 3%. В процессе почвообразования, даже при слабой его биогенности, происходит накопление углекислых солей кальция и в меньшей мере магния. Наибольших для данных условий величин аккумуляция достигает в верхнем, биологически активном горизонте А – 5–6% $CO_2$. Поэтому преобладают почвы с убывающим книзу содержанием карбонатов. Влияние близко залегающих конгломератов проявляется в резком увеличении карбонатности нижнего горизонта полноразвитых почв (табл. 2, разрез 28).

Емкость обмена, так же как и содержание карбонатов, находится в прямой зависимости от степени развитости серо-бурых почв. Сумма поглощенных оснований низкая и увеличивается от неполноразвитых почв к полноразвитым. Состав катионов при этом существенно не изменяется: преобладают щелочноземельные основания – кальций и магний, а из щелочных – калий. В верхних горизонтах преобладает поглощенный кальций, с глубиной доля кальция уменьшается, а магния увеличивается. Распределение калия в первом случае (разрез 60) такое же, как кальция, во втором (разрез 28) – как магния.

Таким образом, в Джалалабадской долине по сравнению с Туранской провинцией процесс образования серо-бурых почв, протекая на незасоленном безгипсовом фоне, определяет: 1) более равномер-

Таблица 1
Механический состав почв

| Почва, № разреза | Глубина, см | Содержание фракций, %; размер частиц, мм | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | >0,25 | 0,25–0,1 | 0,1–0,05 | 0,05–0,01 | 0,01–0,005 | 0,005–0,001 | <0,001 | <0,01 |
| Серо-бурая на древнем пролювии, Разрез 28 | 0–3 | 3,48 | 24,86 | 35,58 | 14,48 | 4,82 | 9,30 | 6,90 | 21,62 |
| | 3–15 | 2,20 | 22,36 | 38,90 | 14,10 | 5,20 | 9,94 | 7,32 | 22,46 |
| | 20–30 | 3,67 | 21,51 | 27,92 | 16,74 | 6,28 | 12,00 | 11,88 | 30,16 |
| | 45–55 | 3,94 | 26,52 | 21,26 | 13,38 | 7,18 | 11,78 | 15,94 | 34,90 |
| Серо-бурая на современном пролювии. Разрез 60 | 0–17 | 61,59 | 7,13 | 14,80 | 5,80 | 2,16 | 4,32 | 4,20 | 10,68 |
| | 17–28 | 83,13 | 5,23 | 6,02 | 2,12 | 1,12 | 0,80 | 1,58 | 3,50 |
| | 28–68 | 84,18 | 4,10 | 8,54 | 1,02 | 1,42 | 0,30 | 0,44 | 2,16 |
| | 68–108 | 76,99 | 8,47 | 10,50 | 1,72 | 1,30 | 0,08 | 0,94 | 2,32 |
| | 108–150 | 63,35 | 7,44 | 15,03 | 6,54 | 2,72 | 2,60 | 2,34 | 7,64 |
| Светло-серая примитивная на аллювиально-пролювиальных отложениях. Разрез 23 | 0–4 | 24,01 | 7,55 | 35,54 | 19,18 | 3,68 | 5,98 | 3,36 | 13,02 |
| | 4–20 | 19,30 | 6,75 | 21,91 | 23,74 | 8,98 | 11,02 | 8,40 | 28,40 |
| | 30–45 | 24-78 | 10,12 | 29,66 | 18,02 | 4,24 | 5,74 | 7,44 | 17,42 |
| | 57–70 | 36,60 | 11,00 | 27,68 | 13,20 | 2,30 | 5,84 | 2,78 | 11,52 |
| | 135–150 | 8,74 | 5,63 | 32,49 | 31,24 | 7,26 | 7,60 | 7,04 | 21,90 |
| Светло-серая примитивная на погребенных агроирригационных отложениях. Разрез 24 | 0–17 | 16,43 | 22,81 | 51,54 | 3,84 | 0,84 | 1,38 | 3,16 | 5,38 |
| | 21–36 | 10,44 | 16,29 | 56,11 | 6,92 | 2,38 | 3,92 | 4,04 | 10,34 |
| | 54–64 | 10,77 | 12,09 | 47,24 | 16,76 | 4,46 | 4,46 | 4,22 | 13,14 |
| | 90–100 | 5,44 | 2,50 | 14,04 | 26,58 | 16,74 | 20,86 | 13,84 | 51,44 |
| | 100–120 | 5,37 | 3,02 | 17,25 | 27,16 | 16,06 | 21,96 | 11,18 | 47,20 |

Таблица 2

Данные химического, физико-химического анализа почв

| Почва, № разреза | Глубина, см | Гумус, % | Азот, % | $CO_2$ карбонатов, % | $SO_4$ в HCl-вытяжке, % | Сухой остаток % | pH водный | Поглощенные основания | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | сумма, мг-экв на 100 г почвы | % от суммы | | | |
| | | | | | | | | | Ca | Mg | K | Na |
| Серо-бурая на древнем пролювии Разрез 28 | 0-3 | 0,43 | 0,039 | 4,07 | 0,16 | 0,074 | 8,1 | 9,12 | 77 | 14 | 6 | 3 |
| | 3-15 | 0,35 | 0,029 | 5,39 | 0,16 | 0,088 | 7,9 | 6,28 | 81 | 8 | 8 | 3 |
| | 20-30 | 0,31 | 0,025 | 5,94 | 0,12 | 0,064 | 8,1 | 7,98 | 67 | 21 | 9 | 3 |
| | 45-55 | 0,23 | 0,023 | 9,57 | 0,12 | 0,086 | 8,1 | 9,81 | 63 | 23 | 10 | 4 |
| Серо-бурая на современном пролювии. Разрез 60 | 0-17 | 0,37 | 0,020 | 1,32 | 0,09 | 0,064 | 8,4 | 4,94 | 79 | 15 | 6 | - |
| | 17-28 | 0,16 | 0,017 | 0,66 | 0,09 | 0,044 | 8,5 | 3,28 | 81 | 14 | 5 | - |
| | 28-68 | 0,14 | 0,017 | 0,88 | 0,02 | 0,040 | 8,6 | 2,68 | 69 | 27 | 4 | - |
| | 68-108 | 0,14 | 0,013 | 1,10 | 0,06 | 0,052 | 8,3 | - | - | - | - | - |
| | 108-150 | 0,20 | 0,013 | 1,34 | 0,06 | 0,036 | 8,4 | - | - | - | - | - |
| Светло-серая примитивная на аллювиально-пролювиальных отложениях. Разрез 23 | 0-4 | 0,60 | 0,046 | 3,30 | 0,12 | 0,098 | 8,2 | 4,22 | 81 | 4 | 10 | 5 |
| | 4-20 | 0,58 | 0,036 | 5,94 | 0,15 | 0,074 | 8,2 | 6,66 | 65 | 25 | 6 | 4 |
| | 30-45 | 0,43 | 0,022 | 3,74 | 0,19 | 0,056 | 8,1 | 4,54 | 76 | 13 | 6 | 5 |
| | 57-70 | 0,41 | 0,025 | 2,86 | 0,20 | 0,058 | 8,3 | - | - | - | - | - |
| | 135-150 | 0,35 | 0,018 | 5,17 | 0,09 | 0,096 | 9,0 | 5,47 | 38 | 41 | 4 | 17 |
| Светло-серая на погребенных агроирригационных отложениях. Разрез 24 | 0-17 | 0,39 | 0,015 | 1,98 | 0,19 | 0,060 | 8,3 | 4,24 | 71 | 13 | 11 | 5 |
| | 26-36 | 0,43 | 0,018 | 3,08 | 0,23 | 0,054 | 8,4 | 6,43 | 66 | 26 | 5 | 3 |
| | 54-64 | 0,49 | 0,018 | 2,97 | 0,21 | 0,062 | 8,2 | - | - | - | - | - |
| | 90-100 | 0,58 | 0,039 | 7,48 | 0,64 | 0,100 | 8,1 | - | - | - | - | - |
| | 110-120 | 0,58 | 0,032 | 5,28 | 0,65 | 0,132 | 8,1 | 18,67 | 43 | 49 | 5 | 3 |

ное распределение гумуса по профилю с незначительным увеличением содержания его в горизонте А; 2) некоторую нейтрализацию почвенного раствора; 3) окарбоначивание, в большинстве случаев верхней, биологически активной части профиля; 4) заметное внутрипочвенное выветривание, сопровождающееся утяжелением механического состава; 5) как следствие последнего - увеличение поглотительной способности.

Светло-серые примитивные пустынные почвы отличаются отсутствием корки и еще большей примитивностью. Морфологический профиль их представлен разрезом 23.

0-4 см. Светло-серый с желтовато-палевым оттенком в сухом состоянии, слабогравелисто-супесчаный, сверху до 1 см отмечается непрочная, но четкая ячеисто-слойчатая структура, глубже слабо выражена столбчатая комковатость и несколько повышенная уплотненность по сравнению с нижним горизонтом, сильная корешковатость в основном за счет "лжепальчатки".

4-28 см. Окраска та же, легкосуглинистый, бесструктурный, слабоуплотненный, много грубых корешков.

28-52 см. Отличается от верхнего супесчаным механическим составом и заметно меньшей корешковатостью.

52-160 см. Белесо-палевый со слабым сероватым оттенком в сухом состоянии, супесчаный, в нижней части легкосуглинистый, ложнокомковатый (бесструктурный); с уменьшением влажности плотность увеличивается до значительной, тонкие корешки достигают глубины 160 см, много заполненных мелкоземом ходов землероев (крупных жестокрылых черных жуков, по-видимому, копров). Особенно хорошо ходы заметны во влажной почве по слабой лжегрибнице и карбонатному "инею" на уплотненных стенках ходов, в сухом состоянии и ходы, и карбонатные новообразования выражены хуже, но общая белесоватость отчетливая, особенно на срезе.

Механический состав светло-серых примитивных пустынных почв преимущественно супесчаный и легкосуглинистый, неоднородный по профилю. Часто встречаются песчаные с поверхности почвы. Южнее г. Джелалабада под песчаными почвами с глубины 0,5-0,8 м вскрываются агроирригационные тяжелосуглинистые отложения.

Светло-серые примитивные почвы, так же как и серо-бурые, очень малогумусны. Наибольшее содержание гумуса не превышает 0,6% в верхних горизонтах припесчаненных почв его несколько меньше, чем в расположенных ниже супесчаных или суглинистых. С глубиной количество органического вещества плавно уменьшается, а в агроирригационных отложениях, наоборот, незначительно увеличивается. Эти почвы мало- и среднекарбонатны. Карбонатность находится в четкой зависимости от механического состава. По результатам массовых анализов в песчаных горизонтах она колеблется в пределах 2,0-3,5% $CO_2$, в супесчаных - 2,9-6,7%, в

легко- и среднесуглинистых - 4,1-7,5% и в тяжелосуглинистых - 7,3-8,2%. Почвы незасоленные, за исключением единичных профилей, и негипсированные. Реакция почвенного раствора щелочная в верхних горизонтах и сильнощелочная глубже 1 м (табл.2, разрез 23).

Величина емкости поглощения колеблется от 2,2-6,4 мг-экв на 100 г почвы в песчаных и супесчаных горизонтах до 8,3 мг-экв в суглинистых. Очень большую сумму поглощенных катионов имеют агроирригационные горизонты. В составе катионов преобладают кальций и магний, причем, так же как в серо-бурых почвах, первый с глубиной резко убывает, а второй возрастает. По сравнению с серо-бурыми почвами в составе поглощенных оснований светло-серых примитивных почв заметно увеличивается участие натрия, обусловливая в подпочве слабую солонцеватость.

Известная связь химических и физико-химических свойств с механическим составом в светло-серых примитивных почвах проявляется особенно ясно: с облегчением мехсостава уменьшается карбонатность, емкость обмена, содержание гумуса и азота. Отсутствие сколько-нибудь значительных солевых аккумуляций делает эти почвы лучшими в земельном фонде нового освоения.

По данным валового химического анализа описываемых почв очень трудно делать выводы о процессах почвообразования вследствие неоднородности гранулометрического и, по-видимому, минералогического состава отдельных горизонтов. Однако отсутствие в литературе таких данных по пустынным почвам Афганистана вообще и возможность судить по ним о потенциальном плодородии делают их интересными на первом этапе изучения почв.

Полноразвитая почва на древнем пролювии (табл. 3, разрез 28) характеризуется большим содержанием полуторных окислов - 22-27%, что свидетельствует о ее значительной выветрелости. Отношение кремнезема к полуторным окислам очень узкое. При общей довольно заметной ожелезненности профиля выделяется горизонт 3-15 см, где отношение $Al_2O_3$ к $Fe_2O_3$ самое узкое - 3,7. Неполноразвитая серо-бурая почва на молодых пролювиальных отложениях отличается повышенным содержанием кремнезема по всему профилю и окиси магния в верхних горизонтах. Содержание остальных компонентов заметно ниже.

Сравнительный анализ полученных результатов позволяет говорить о глубоких химических преобразованиях серо-бурых почв. Наряду с изменениями генетического характера (ожелезненность, оглиненность) происходит заметное увеличение элементов плодородия - фосфора, калия. Светло-серая примитивная суглинисто-супесчаная почва (разрез 23), несмотря на сравнительно молодой возраст, по содержанию полуторных окислов незначительно отличается от полноразвитой серо-бурой почвы и более ожелезнена. Наибольшие значения $Fe_2O_3$ в легкосуглинистых горизонтах. Отмечается биологическая аккумуляция фосфора и калия в верхней части профиля. Песчано-супесчаная светло-серая примитивная почва (разрез 24), как наименее развитая, характеризуется самым меньшим

Таблица 3

Валовой химический состав почв

| Глубина, см | % на прокаленное и бескарбонатное | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | MnO | $P_2O_5$ |
| | | | | | Разрез 28. Серо-бурая почва | |
| 0-3 | 64,54 | 19,73 | 6,37 | 1,29 | 0,16 | 0,21 |
| 3-15 | 67,44 | 15,35 | 6,37 | 1,15 | 0,12 | 0,13 |
| 45-55 | 64,05 | 18,82 | 6,49 | 1,05 | 0,11 | 0,10 |
| | | | | | Разрез 60. Серо-бурая почва | |
| 0-17 | 71,61 | 15,16 | 3,55 | 0,65 | Следы | 0,17 |
| 17-28 | 75,66 | 12,10 | 3,45 | 0,58 | 0,07 | 0,16 |
| 28-68 | 73,30 | 14,16 | 4,58 | 0,48 | 0,04 | 0,15 |
| 108-150 | 71,84 | 14,30 | 5,10 | 0,31 | 0,05 | 0,05 |
| | | | | | Разрез 23. Светло-серая почва на | |
| 0-4 | 68,24 | 12,58 | 6,72 | 0,98 | 0,10 | 0,18 |
| 4-20 | 67,72 | 14,40 | 7,43 | 0,77 | 0,08 | 0,15 |
| 30-45 | 66,64 | 17,45 | 5,65 | 0,75 | 0,07 | 0,09 |
| 55-70 | 66,62 | 16,39 | 5,27 | 0,75 | 0,08 | 0,11 |
| 135-150 | 66,15 | 13,31 | 7,64 | 0,82 | 0,11 | 0,16 |
| | | | | | Разрез 24. Светло-серая примитивная почва | |
| 0-17 | 74,22 | 12,34 | 2,96 | 0,54 | 0,04 | 0,11 |
| 26-36 | 73,22 | 12,10 | 4,10 | 0,57 | 0,04 | 0,13 |
| 54-64 | 72,19 | 13,47 | 3,24 | 0,59 | 0,07 | 0,14 |
| 110-120 | 65,57 | 17,68 | 5,65 | 0,67 | 0.05 | 0,15 |

содержанием $R_2O_3$ и $Fe_2C_3$. Молекулярные отношения самые широкие. Беднее она также и элементами плодородия – фосфором и калием. Погребенные же агроирригационные отложения более оглинены и ожелезнены и более плодородны.

Обобщая данные по валовому составу исследуемых почв, можно отметить, что в процессе развития почв обеих генетических групп происходит накопление полуторных окислов и элементов питания. В серо-бурых почвах эти процессы более выражены. Подвижность кремния, железа и алюминия в пустынных почвах Афганистана, как и во всех автоморфных почвах (кроме солонцеватых) аридной зоны, низкая (табл. 4). Определяется это карбонатностью и слабощелочной реакцией почв – условиями, в которых соединения этих элементов обладают наименьшей миграционной способностью. В серо-бурой почве (разрез 28) наблюдается некоторая дифференциация подвижных соединений кремния и полуторных окислов по профилю, что подтверждает ее наиболее древний возраст. Отмеча-

| вещество | | | | Молекулярные отношения | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CaO | MgO | $Na_2O$ | $K_2O$ | $\frac{SiO_2}{R_2O_3}$ | $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ | $\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$ | $\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$ |
| на древнем пролювии | | | | | | | |
| 1,74 | 3,92 | 1,82 | 2,84 | 4,6 | 5,6 | 26,9 | 4,8 |
| 1,24 | 4,16 | 1,51 | 2,63 | 5,8 | 7,4 | 27,7 | 3,7 |
| 0,78 | 4,52 | 1,37 | 2,81 | 4,7 | 5,8 | 26,0 | 4,5 |
| на современном пролювии | | | | | | | |
| 1,08 | 4,30 | 1,25 | 1,62 | 7,0 | 8,0 | 54,2 | 6,8 |
| 0,54 | 4,33 | 1,24 | 1,60 | 9,0 | 10,6 | 57,3 | 5,4 |
| 0,62 | 3,37 | 1,48 | 2,12 | 7,3 | 8, 8 | 42,1 | 4,8 |
| 0,55 | 3,94 | 1,37 | 2,43 | 7,0 | 8,6 | 37,5 | 4,4 |
| аллювиально-пролювиальных отложениях | | | | | | | |
| 2,59 | 4,58 | 1,68 | 3,23 | 6,9 | 9,2 | 27,1 | 2,9 |
| 2,46 | 3,86 | 1,38 | 2,70 | 6,0 | 8,0 | 24,5 | 3,1 |
| 2,80 | 3,20 | 2,18 | 3,75 | 5,4 | 6,5 | 31,8 | 4,9 |
| 2,65 | 3,45 | 2,26 | 2,68 | 5,7 | 6,9 | 33,7 | 4,9 |
| 2,62 | 4,91 | 2,22 | 2,47 | 6,2 | 8,5 | 22,9 | 2,7 |
| на погребенных агроирригационных отложениях | | | | | | | |
| 2,90 | 3,25 | 1,75 | 2,51 | 8,9 | 10,2 | 68,7 | 6,7 |
| 2,93 | 3,24 | 2,17 | 2,22 | 8,4 | 10,2 | 43,1 | 4,6 |
| 2,32 | 3,38 | 2,06 | 2,56 | 7,9 | 9,1 | 60,1 | 6,6 |
| 1,43 | 4,70 | 1,80 | 3,42 | 5,2 | 6,3 | 31,2 | 4,9 |

ется накопление железа в нижней части профиля. Алюминий подвержен биогенному перемещению в верхние горизонты и закреплению там, по-видимому, фульвокислотами.

Ничтожное содержание подвижного кремния, железа и алюминия и равномерное распределение их по горизонтам светло-серой примитивной почвы (разрез 23) свидетельствуют о ее относительной "молодости" и о слабом выветривании и перемещении его продуктов по профилю почв.

Как показывают данные химического состава, субтропическая природа описанных серо-бурых почв наглядно проявляется в их повышенной ожелезненности, ясной оглиненности и во вторичной биогенной карбонатизации с мицеллярными формами новообразований. Отсутствие солонцеватости и засоления как на более ранних стадиях развития почв, так и в современных условиях, а также значительная скелетность, зачастую превалирующая над мелкоземистостью, определили некоторые фациальные особенности морфологии

Таблица 4

Содержание подвижного кремнезема и полуторных окислов (по Тамму)*

| № раз-реза | Глубина, см | $SiO_2$ | | $Fe_2O_3$ | | $Al_2O_3$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | I | II | I | II |
| 28 | 0-3 | 0,18 | 0,34 | 0,11 | 1,99 | 0,37 | 1,99 |
| | 3-25 | 0,18 | 0,30 | 0,14 | 2,53 | 0,29 | 2,01 |
| | 45-55 | 0,19 | 0,39 | 0,26 | 5,05 | 0,14 | 0,88 |
| 23 | 0-4 | 0,10 | 0,17 | 0,13 | 2,19 | 0,12 | 0,95 |
| | 4-20 | 0,10 | 0,19 | 0,14 | 2,28 | 0,04 | 0,32 |
| | 30-45 | 0,11 | 0,18 | 0,11 | 2,23 | 0,07 | 0,44 |
| | 55-70 | 0,11 | 0,18 | 0,11 | 2,32 | 0,07 | 0,45 |
| | 135-150 | 0,11 | 0,19 | 0,19 | 2,91 | 0,09 | 0,74 |

*I - % от воздушно-сухой навески почвы; II - % от валового содержания окисла в почве.

(относительная однородность профиля по окраске; листовато-пластинчатая структура поверхностного горизонта; отсутствие уплотнения в средней части профиля). В общем же содержание полуторных окислов, и в частности валового и подвижного железа в полноразвитых почвах на древнем пролювии, придает им вполне "серо-бурый" облик.

Светло-серые примитивные почвы в меньшей мере характеризуются как самостоятельная генетическая группа, хотя их отличие от серо-бурых почв по морфологическим признакам очевидно. При аналогичной с серо-бурыми почвами ожелезненности и некотором накоплении полуторных окислов в средней части профиля, в светло-серых примитивных почвах сохраняется окраска материнских пород, побурение или покраснение по профилю совершенно отсутствует.

Приведенными исследованиями выявлена четкая зависимость основных химических и физико-химических свойств субтропических пустынных почв от их возраста или степени развитости, а также показан типичный процесс пустынного почвообразования на безгипсовом фоне.

Разработка способов освоения аридных почв Джелалабадской долины охватывала широкий круг вопросов: состав сельскохозяйственных культур, степень пригодности почв к освоению, их мелиорация и окультуривание. На основании анализа агроклиматических условий и с учетом экономической целесообразности экспертами-специалистами была обоснована необходимость развития здесь субтропического садоводства. Состав же культур определялся их биологическими особенностями и почвенными условиями. Так, на мелкоземистых незасоленных светло-серых почвах предусмотрено размещение цитрусовых (апельсин, грейпфрут), которые не выдерживают засоления, влаголюбивы и требуют повышенного содержания в почве глинистых

частиц. На галечниковых серо-бурых почвах рекомендовано возделывать маслину и финиковую пальму. Эти культуры достаточно засухо- и жаровыносливы, хорошо растут и плодоносят на скелетных почвах, меньше, чем цитрусовые требовательны к почвенному плодородию.

Помимо таких обязательных условий освоения земель аридной зоны, как орошение и окультуривание, на серо-бурых почвах в связи с их значительной галечниковостью потребовались специальные мероприятия – камнеуборочные работы и завоз мелкозема. Объем определялся согласно специальной характеристике этих почв, включающей количественные показатели каменистости и мелкоземистости, глубину залегания конгломерата и оценку условий рельефа.

Каменистость на поверхности и в слое 0–30 см определяет объем уборки крупного галечника (диаметром 10–30 см) и валунов (более 30 см), вызывающих поломку почвообрабатывающих орудий. Мелкозернистость – содержание частиц менее 1 мм – определяет благоприятность почв для развития непропашных полевых и садовых культур. Минимальный предел мелкоземистости – 50% от веса почвы, так как установлено, что удовлетворительные урожаи зерновых местное население получает на почвах, содержащих 40–50% мелкозема в пахотном горизонте.

Основные особенности галечниковых земель находятся в прямой зависимости от рельефа местности. Выявлено, что серо-бурые почвы развиты на трех разновидностях микро- и мезорельефа: I – плоскоравнинный, II – микрогрядово-волнистый, III – гребнисто-овражистый. С пересеченностью рельефа увеличивается каменистость почв. В пределах древней пролювиальной равнины при плоскоравнинном рельефе она составляет в среднем 100 $м^3$/га, при микрогрядово-волнистом – 512 $м^3$/га и при гребнисто-овражистом 950 $м^3$/га. Для галечниковых земель современной пролювиальной равнины эти показатели соответственно следующие: 527, 556 и 1192 $м^3$/га.

Особое значение пересеченность рельефа приобретает при неглубоком залегании конгломерата. Почвы, в которых конгломерат вскрывается в пределах 0,3 м, отнесены к непригодным для освоения крупными поливными участками; с глубиной 0,3–0,8 м – к условно-пригодным при плоскоравнинном рельефе; с глубиной 0,8–1 м – к пригодным при плоскоравнинном и микрогрядово-волнистом рельефе. Следует, однако, оговориться, что такая оценка степени пригодности земель не является абсолютной. Опыт местного населения показывает, что большинство почв с близким подстиланием конгломерата может быть освоено мелкоконтурным террасированием без срезок. Мелкозернистый слой наращивается наилением или, чаще, просто завозом мелкозема и местных удобрений с близлежащих территорий.

На основании вышеизложенного были установлены следующие требования к ирригационно-мелиоративной подготовке галечниковых земель: выравнивание поверхности под основной уклон; уборка крупного галечника и валунов с поверхности и из слоя 0–30 см;

доведение мелкозернистости в слое 0–30 см до 50% от веса почвы путем завоза мелкозема. На практике мелиоративная подготовка включала: 1) уборку поверхностного галечника и валунов грейдером и бульдозером; 2) планировку бульдозером; 3) многократную перекрестную глубокую обработку дорожным рыхлителем; 4) ручную уборку галечника в валки, 5) завоз мелкозема из карьеров автосамосвалами или скреперами; 6) разравнивание мелкозема автогрейдером равномерным слоем; 7) рыхление на глубину 0,3–0,4 м; 8) "осадочный полив". В процессе эксплуатации территории предусматривается дополнительная уборка "всплывающего" на поверхность галечника.

Заключительной стадией в комплексе мероприятий по освоению почв является специальное окультуривание. Оно включает в себя три цикла. В первые два почвы заправляют минеральными удобрениями и засевают бобовыми сидеральными культурами, которые запахиваются как зеленое удобрение. В третьем цикле высевается люцерна. Посадка цитрусовых и маслины производится в люцерновое поле. На землях же, предназначенных под полевые культуры, проводятся три цикла сидерации, а затем они передаются в хозяйственное использование.

Одновременно с посадкой плодовых насаждений рекомендовано вносить следующие органо–минеральные удобрения (из расчета на 1 га): под цитрусовые – 5000 кг компоста, 600 кг суперфосфата и 250 кг аммиачной селитры; под маслину – 3000 кг компоста, 300 кг суперфосфата и 250 кг аммиачной селитры. Кроме того, в каждую посадочную яму должно добавляться по 0,1 $м^3$ торфо–минерального компоста.

Описанные способы освоения и окультуривания ранее бесплодной и, казалось бы, совершенно бесперспективной пустыни осуществлены в Афганистане при содействии специалистов нашей страны.


## ABSTRACT

New data on the arid soils of Jalalabad valley are given with a special attention to grey-brown soils. The peculiarity of the latter is emphasized; it consists in a relatively low carbonate content with a maximum in the upper part of the solum and in the pronounced argillification. Primitive desert soils are considered as well, mainly in the aspect of their age, reflected by the degree of soil profile development. An analysis of soil pattern and soil properties together with the estimation of climatic conditions permitted to evaluate the territiory for its suitability for subtropical gardening. A system of soil melioration measures is suggested, such as: stones removing, land levelling, soil loosening, bringing of fine earth and "sedimental" irrigation, taking into account topography, amount of stones and fine earth in soils. The soil preparation for gardening is comprehensively considered, and several successive stages and cycles of reclamation are distinguished.

*А.И. Ромашкевич, М.И. Герасимова*

# ГЛАВНЫЕ АСПЕКТЫ МИКРОМОРФОЛОГИИ АРИДНЫХ ПОЧВ СССР

Любое микроморфологическое исследование почв представляет собой совокупность изучения элементов микростроения и их взаимосвязей в шлифах, дополненное определением минералов с иммерсионными жидкостями и качественным анализом веществ с помощью микрохимических реакций на аншлифах или шлифах со снятым покровным стеклом (в зависимости от целей исследования)[1].

Основатель микроморфологических исследований почв за рубежом австрийский ученый В. Кубиена назвал свою первую книгу "Микропочвоведение", т.е. наука о почвенном микромире и происходящих в нем изменениях. В. Кубиена и его школа понимали микроморфологию не только как описание под микроскопом деталей строения почвы (микроморфография), но прежде всего как установление связей между ними, вещественно-минералогическим составом почвы и протекающими в ней процессами. В связи с этим конечной целью микроморфологических исследований являлось решение вопросов генезиса и эволюции почв. Последняя книга В. Кубиены, подводящая итоги его огромной и многообразной деятельности, названа "Микроморфологические черты географии почв" (Kubiëna, 1970), т.е. предметом ее рассмотрения явились общие законы развития почв с позиций микроморфологии.

В нашей стране основателем микроморфологических исследований почв явилась И.И. Феофарова. Наиболее важные понятия, утвердившиеся к настоящему времени в исследованиях советских микроморфологов, были разработаны ею в 40-50-х годах. Следует отметить, что И.И. Феофарова и ее последователи также понимают микроморфологию почв как "микропочвоведение", имея в виду весь комплекс исследований образцов под микроскопом и стремясь понять общую картину генезиса почв на основе микроморфологических признаков. Именно такое понимание микроморфологии почв отражено в основных ее работах по аридным почвам (Феофарова, 1940, 1950а,б, 1956, 1958а,б).

Микроморфология аридных почв получила дальнейшее развитие в серии работ Н.Г. Минашиной (1958а,б, 1965, 1966, 1973, 1974, 1975а,б). К настоящему времени по этой проблеме накоп-

---

[1] В последние годы в микроморфологию внедряются также исследования с помощью микроанализатора и сканирующего микроскопа.

лен большой и интересный материал, который позволяет решать некоторые проблемы аридного почвообразования, выветривания и породообразования.

Ниже на материале микроморфологических исследований И.И. Феофаровой и Н.Г. Минашиной, а также на основании других материалов мы попытались оценить главные достижения в развитии микроморфологии аридных почв. При этом рассматриваются главные элементы микростроения аридных почв и пород и характерные диагностические признаки некоторых пород (лёссов, гипсоносных кор выветривания) и почв аридной зоны (серо-коричневых, сероземов, серо-бурых, такыровых, песчаных).

## ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МИКРОСТРОЕНИЯ

Карбонаты и гипс – почти обязательный компонент всех типов аридных почв и их почвообразующих пород. Форма, размер кристаллов, их взаимные отношения и соотношение с другими элементами микростроения почв и пород являются важными диагностическими признаками при решении вопросов генезиса почвенных и породных образований аридной зоны. На важность такого рода исследований в свое время указывал А.Е. Ферсман (1952). В работах И.И. Феофаровой и Н.Г. Минашиной эти образования рассмотрены наиболее детально.

Карбонаты. Главными формами выделений кальцита в аридных почвах и породах являются кристаллы таблитчатой, ромбоэдральной, веретенообразной формы, а также псевдоморфозы кальцита по таким формам гипса, как "ласточкин хвост" и пр. Обычно к кальциту в том или ином количестве примешиваются доломит и арагонит. При этом часто доломит возможно определить только после удаления в аншлифах кальцита микрохимическими реакциями. Арагонит выделяется в породах и почвах в виде тонких игл, пластинок и сферолитов. В почвах и породах кристаллы карбонатных образований встречаются или в рассеянном виде, или в виде скоплений. В последнем случае они образуют пятна, пленки-налеты, "одежды", заполняют корневые ходы. По происхождению различают первичные и вторичные карбонатные образования. Первичным кальцитом называют его породные, наследственные формы в виде обломочков (кристаллически-зернистый), иногда корродированных. К этому же ряду относятся агрегационные и ракушечные формы. Вторичный кальцит – образование почвенное, однако не всегда четко определяемое. К почвенным формам относятся микрозернистый или пылеватый кальцит преимущественно в виде округлых образований (размер 0,01-0,005 мм), псевдоморфозы кальцита по гипсу и обызвесткованные корневые ходы, стенки камер насекомых и ходов почвенной фауны. Образование вторичных карбонатов связано с растворением и перекристаллизацией первичных карбонатов, последующим перемещением $Ca$ и $HCO_3^{-1}$ и выпадением из растворов, с минерализацией органических остат-

ков и жизнедеятельностью микроорганизмов, с привносом ионов из грунтовых вод или боковых токов почвенных вод.

Проблема разделения вторичных почвенных и породных карбонатов рассматривается во многих зарубежных работах. В кратком обзоре микроморфологии аридных почв Г. Ступс (Stoops, 1970) относит к почвенным формам три основные категории кальцита: 1) микрокристаллический кальцит в плазме, 2) микрокристаллический кальцит в конкрециях и 3) макрокристаллический кальцит в конкрециях и скоплениях – кальцитаны и кристаллярии. В работе И. Сегала и Г. Ступса (Sehgal, Stoops, 1972) о почвах Индо-Гангской равнины отмечается большое разнообразие форм кальцита в связи с разнообразием почвенных условий – колебаниями уровня грунтовых вод, механическим составом и сложением почв, составом солей. Предполагается, что возрастание степени концентрации кальцита – от диффузных форм до плотных конкреций – отражает разные стадии развития почвенного профиля. Близкие закономерности развития разных форм карбонатов в почвах отмечает Р. Бруер (Brewer, 1964).

На основании работ Феофаровой, Минашиной, а также Биссела и Чилигана (1970) мы попытались систематизировать данные о микроскопически наблюдаемых карбонатных образованиях в аридных почвах и породах (табл. 1). Как видно из данных таблицы, наиболее распространенными и изученными в породных и почвенных образованиях являются многообразные формы кальцита. Другие карбонаты (доломит, арагонит, анкерит и др.) распространены значительно меньше и меньше изучены. Почвенное происхождение карбонатов доказано для трех минеральных форм – кальцита, доломита, арагонита.

Гипс. Гипс – парагенетический минерал по отношению к минералам группы карбонатов (кальциту, доломиту), и естественно, в аридных условиях образование его, формы выделений и сам генезис взаимосвязаны с карбонатами. Особенно это отмечается в гидроморфных аридных почвах.

Наиболее важными результатами работ по исследованию гипса во многих гипсоносных почвах и корах являются доказательства образования его в процессе выветривания и почвообразования на месте, перераспределение гипса при почвообразовании, зависимость форм, размера и распределения кристаллов гипса в горизонтах почв от водного режима их и физических свойств (Минашина, 1958, 1975а,б; Феофарова, 1958). Этими работами показана также важность изучения форм гипса для познания их мелиоративных свойств.

Размер зерен гипса, так же как и формы их выделений, теснейшим образом связан с водным режимом почв. Постоянное высокое увлажнение способствует формированию крупнозернистых форм и выделений гипса в виде бородок, щеток, трубочек и других видов скоплений кристаллов. Смена режима увлажнения и пониженный его уровень формируют микрозернистые гипсы, рассеянные их формы часто преобладают над скоплениями. И.И. Феофаровой (1958б) показано,

Таблица 1

Особенности микроскопически наблюдаемых карбонатных образований

| Минерал | Форма (габитус) кристаллов (агрегаты) | Характер обособлений | Зернистость, размер частиц, мм | Происхождение | Местонахождение |
|---|---|---|---|---|---|
| Кальцит $CaCO_3$ | Призматический<br>Таблитчатый<br>Ромбоэдрический<br>Игольчатый (люблинит)<br>Веретенообразный<br>Псевдоморфозы по гипсу<br>Оолиты, сферолиты<br>Агрегаты | Рассеянные кристаллы в массе<br>Скопления:<br>пятна-конкреции;<br>пленки, одежда на зернах минералов, стенках пор, почвенных агрегатах;<br>обызвесткованные корешки;<br>друзы;<br>дендриты;<br>трубки | Микрозернистый, 0,005–0,05<br>Среднезернистый, 0,05–0,5<br>Крупнозернистый, >0,5 | Первичный (породный или наследованный от породы, обломочный), преимущественно крупно- и среднезернистый<br>Вторичный (почвенный), преимущественно микрозернистый | Почвы, коры выветривания, осадочные породы |
| Арагонит $CaCO_3$ | Призматический, игольчатый<br>Оолиты, сферолиты<br>Агрегаты: шестоватые, радиально-лучистые, агрегаты-трубки | Рассеянные кристаллы в массе<br>Скопления – обызвесткованные корешки | То же | Первичный<br>Вторичный | То же |
| Доломит $CaMg[CO_3]_2$ | Ромбоэдрический<br>Оолиты, сферолиты | Преобладают рассеянные кристаллы в массе<br>Скопления по пустотам в почве | " | Первичный<br>Вторичный | " |
| Анкерит $Ca(Fe,Mg)[CO_3]$ | Ромбоэдрический (чечевицеобразный) | Рассеянные кристаллы<br>Скопления неопределенной формы | " | Первичный | Осадочные породы |

что рассеянные формы гипса возникают преимущественно за счет обменных реакций в почвах, а также при декарбонатизации отдельных участков почвенных горизонтов. Размер и форма кристаллов в значительной степени определяются также механическим составом почв. Для тонкодисперсных грунтов более характерен микрозернистый гипс, для песчанистых – крупнозернистый. Рост кристаллов в последних идет с захватыванием песчинок.

В работах Н.Г.Минашиной (1975а,б) предлагается выделять в классификационной системе почв на одном из уровней "формы гипсоносных почв" – по размерам кристаллов гипса и их кристаллическому облику, поскольку с микрокристаллическими формами связаны удовлетворительные физические и мелиоративные свойства почв, а

с крупнокристаллическими – неблагоприятные. В этих работах отмечается физическая динамичность гипса во времени из-за способности растворяться и перекристаллизовываться, изменяя гранулометрический состав и строение почвы, и необходимость не только учитывать этот момент, но и прогнозировать возможные изменения размера и форм кристаллов гипса при орошении. На основании работ, касающихся форм гипса в почвах и грунтах, приводится обобщенная таблица микроскопически наблюдаемых образований гипса (табл. 2).

В практике микроскопических исследований помимо изучения образцов почв в шлифах применяется исследование минерального состава с помощью иммерсионных жидкостей. Это помогает уточнить состав минералов, а при изучении легкорастворимых солей является хорошим дополнением к определению их по составу водных вытяжек. Методика определения минералов легкорастворимых солей была разработана И.И. Феофаровой (1940, 1958). С помощью этой методики появилась возможность определять в солончаках такие минералы солей, как галит, тенардит, глауберит, астраханит и др., устанавливать связь в образовании тех или иных видов солевых корок с наличием определенных минералов солей, уточнять солевой состав почв.

Тонкодисперсная масса. Как и во всех других почвах, в образцах аридных почв при микроскопических исследованиях выделяют тонкодисперсную массу, или плазму, и скелет. В аридных почвах тонкодисперсная масса имеет глинистый, гумусово-глинистый, гумусово-глинисто-карбонатный и глинисто-карбонатный состав. Глинистый состав характерен преимущественно для особых образований, которые впервые были охарактеризованы И.И. Феофаровой (1956) как "потечная", или "вторичная" глина; в настоящее время в оте-

Таблица 2

Особенности микроскопически наблюдаемых образований гипса

| Минерал | Форма (габитус) кристаллов, агрегаты | Характер обособлений | Зернистость, размер частиц, мм | Происхождение | Местонахождение |
|---|---|---|---|---|---|
| Гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ | Таблитчатый<br>Столбчатый<br>Чечевицеобразный или линзовидный<br>Сферолиты<br>Агрегаты | Рассеянные кристаллы в массе<br>Скопления:<br>трубочки гипсовые и гипсово-карбонатные;<br>мучнистые, неопределенных очертаний;<br>бородки;<br>корки;<br>друзы | Микрозернистый, < 0,1<br>Среднезернистый, 0,1–1<br>Крупнозернистый > 1 | Первичный (породный, наследованный от породы)<br>Вторичный (почвенный):<br>за счет обменных реакций в почвенной толще,<br>за счет осаждения из почвенных растворов и грунтовых вод | Почвы, коры ветривания, осадочные породы |



½16 1824

чественной литературе они называются натеками и пленками, а в зарубежной – глинистыми кутанами (по Brewer, 1964).

Строение "потечной глины" Феофаровой было охарактеризовано как псевдокристалл. Ею впервые в микроморфологии почв были показаны стадии старения "потечной глины" (глинистых натеков), дезориентация составляющих ее глинистых частиц, карбонатизация ее, а также превращение в основную тонкодисперсную массу. Эту последнюю стадию Феофарова назвала превращением в "смешанный суглинок". Образование "потечной глины", или глинистых натеков Феофарова связывала с перемещением дисперсных частиц (к которым иногда примешиваются частицы более крупного размера – до 0,01 мм) в результате процесса иллювиирования. Только спустя 10–15 лет некоторые стадии изменения глинистых натеков были рассмотрены в зарубежной литературе.

Исследования Н.Г. Минашиной (1958б, 1973) более глубоко раскрыли сущность формирования глинистых образований в аридных почвах. Ею было показано, что в аридных почвах глинистое вещество может легко пептизироваться с последующей ориентацией глинистых частиц, при этом пептизация сопровождается сепарацией глинистого вещества, т.е. его отделением от более грубодисперсной части почвы и локальными перемещениями в направлении движения почвенной влаги – не только вниз, но и вверх и в стороны. При этом образуются натеки и пленки ориентированного глинистого вещества в порах, трещинах, на обломках первичных минералов, а также обособления глинистого вещества в виде сгустков. Этими же исследованиями было доказано, что в ряде аридных почв образуется глинистый минерал палыгорскит. Учет способности дисперсного глинистого вещества образовывать пленки на агрегатах, в порах, трещинах, на зернах минералов в изучении аридных почв очень важен, так как именно с этим часто связано коркообразование, временная или постоянная непроницаемость почв, невозможность удаления солей из–за блокирования их глинистыми пленками.

Гумусово–глинистый состав тонкодисперсной массы характерен для верхних горизонтов более увлажненных вариантов аридных почв. При этом тонкодисперсная масса характеризуется низкой степенью ориентации частиц. При наличии микрокристаллического кальцита, рассеянного в тонкодисперсной массе верхних горизонтов аридных почв, тонкодисперсная масса приобретает гумусово–глинисто–карбонатный состав, а ее двупреломление значительно увеличивается.

Наиболее характерным для тонкодисперсной массы аридных почв является глинисто–карбонатный состав. Строение (fabric) тонкодисперсной массы аридных почв, по мнению Н.Г. Минашиной, имеет преимущественно зернистый характер. Вместе с тем, в наиболее увлажненных типах почв аридного пояса отмечается также спутанноволокнистое строение. В табл. 3 приведена систематизация тонкодисперсной массы по составу и строению, а также по встречаемости ее в почвах.

Таблица 3

Особенности тонкодисперсной массы аридных почв

| Состав | Строение | Местонахождение |
|---|---|---|
| Глинистая | Псевдокристаллы в натеках и пленках | Такыры и такыровые почвы, серо-коричневые, иллювиальный горизонт серо-бурых почв |
| | Спутанно-волокнистая | Серо-коричневые почвы, иллювиальный горизонт серо-бурых почв |
| Гумусово-глинистая | Псевдокристаллы в натеках и пленках<br>Зернистая<br>Чешуйчатая | Верхние горизонты аридных почв |
| Гумусово-глинисто-карбонатная | Зернистая | То же |
| Глинисто-карбонатная | Зернистая | Преимущественно средние и нижние горизонты аридных почв |

Микроагрегированность. Микроагрегированность – важный диагностический признак в изучении аридных почв. Для наиболее увлажненных вариантов аридных почв наличие агрегированности, как правило, свидетельствует об относительно хорошем естественном плодородии, а для более сухих вариантов – о высокой их окультуренности. Потеря агрегатированности указывает на разрушение почв, их опустынивание (Минашина, 1973).

Микроагрегаты аридных почв имеют размеры преимущественно 0,1–0,5 мм, реже 2–3 мм. В наиболее увлажненных вариантах почв наблюдаются микроагрегаты 1-го и 2-го порядков (1-го порядка – 0,1–0,5 мм, 2-го порядка – 2–3 мм). Агрегаты имеют, как правило, округлую форму. Они состоят из гидрослюдисто-глинистых частиц и мелких обломочков первичных минералов, сцементированных органическим веществом и $CaCO_3$. В почвах с активной почвенной фауной по ходам и камерам наблюдаются микроагретаты биогенного происхождения размером 0,05–0,02 мм и более крупные, до 2 мм. На поверхности микроагрегатов могут быть глинистые и глинисто-карбонатные пленки. Микроагрегированность почв аридной зоны не всегда охватывает всю массу горизонтов, часто она имеет локальный характер.

Микроагрегированность наблюдается не только в почвах аридной зоны, но и в таких почвообразующих породах, как лёссы. Однако здесь микроагрегированность иного характера. Микроагре-

гаты имеют размер не более 0,02–0,06 мм, а их генезис связывается с прошлыми эпохами более сухого почвообразования, чем современное сероземообразование (Минашина, 1960). Цементом в микроагрегатах лёссов является преимущественно $CaCO_3$.

Рассмотренные элементы микростроения аридных почв не исчерпывают все их своеобразие, связанное с особенностями генезиса. Ниже, при обсуждении вопросов аридного почво- и породообразования, будут отмечены и другие.

## ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ МИКРОСТРОЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД И ПОЧВ АРИДНОЙ ЗОНЫ

В любых почвенных исследованиях огромную роль играет отделение в почвенном профиле признаков, наследуемых от почвообразующих пород, от собственно почвенных, установление породной и почвенной гетерогенности или гомогенности почвенной толщи. Подробные исследования позволяют избежать ошибок в толковании генезиса отдельных горизонтов тех или иных почв и всего профиля в целом.

Поскольку значительная часть аридных почв развита на лёссах и лёссовидных отложениях, уместно остановиться прежде всего на работах Н.Г.Минашиной, посвященных этому вопросу (1960, 1966). Ее исследования позволили выделить по основным особенностям микростроения лёссы однороднозернистые, разнороднозернистые, метаморфизованные, вторичнооглиненные при почвообразовании, микрослоистые и др.

Не вдаваясь в детали микростроения тех или иных разновидностей лёссов, можно отметить главные черты их строения. Все лёссы состоят из обломков первичных минералов и микроагрегатов, часто содержание последних возрастает до 80% от массы лёсса. Микроагрегаты состоят из первичных и вторичных минералов, скрепленных микрозернистым кальцитом. Помимо микроагрегированности лёссов важной особенностью их строения является окарбоначенность первичными и вторичными формами кальцита (иногда доломита и арагонита).

Наличие микроагрегированности, окарбоначенности за счет не только породных первичных форм, но и вторичных (в виде скоплений микрозернистого кальцита в порах и ходах), является главным показателем участия почвенных процессов в лёссообразовании. Микроморфологическими исследованиями Н.Г.Минашиной впервые определены формы участия процессов почвообразования в образовании лёссовых толщ. При этом установлено также, что почвообразовательный процесс, придавший лёссам своеобразный облик, протекал в условиях большей сухости, чем это характерно для современной обстановки. Наличие микрослоистости в ряде лёссов свидетельствует об участии седиментационных процессов в их образовании. Процессы выветривания в лёссах ограничиваются пустынным ожелезнением (железистые пленки на минералах), образованием глинис-

то-карбонатного цемента и карбонатно-глинистых пленок на минералах (Лобова, Феофарова, 1960).

Микроморфологическими исследованиями удалось установить часто проявляющуюся дву- и многочленность лёссовых толщ по размерам и составу образующих их первичных минералов. Очень важно определение породной гетерогенности исследуемых толщ, так как почвенные процессы в разных слоях лёссовых толщ будут проявляться иначе, чем в гомогенных образованиях.

С другой стороны, Н.Г.Минашиной (1958а) прослежено выветривание основных изверженных пород (порфиритов, содержащих пирит) в аридных условиях с формированием специфической гипсоносной "гажевой" коры выветривания. В качестве частных процессов выветривания таких пород отмечены ожелезнение, карбонатизация и оглинение. Микроморфологическими признаками процессов формирования исследованных кор явилось присутствие в шлифах в разной степени ожелезненных и оглиненных первичных минералов и обломков пород, а также сочетания разных форм карбонатов и гипса в почвенных горизонтах. При этом для горизонтов "гажи" характерны гипс таблитчатой формы, преимущественно микрокристаллических размеров, кальцит в виде зерен, агрегатов, трубочек. Для нижних горизонтов "гажи" характерно укрупнение кристаллов гипса, участие волокнистых его форм.

По-видимому, много общих черт с этим типом аридного выветривания имеет и образование карбонатно-гипсовых кор Армении, на которых формируются полупустынные почвы. Еще В.В.Докучаевым эти коры выветривания и почвы были названы "белоземами". Однако микроморфологические исследования этих кор выветривания до сих пор отсутствуют.

В зарубежной литературе описаны карбонатные и карбонатно-гипсовые коры под названием "каличе", "нари", образованные путем поверхностного изменения известковых пород (растворение и переотложение $CaCO_3$) в наиболее сухих частях Средиземноморья (Сендерс, Фридмен, 1970). В корах аридного типа в США отмечено образование наряду с кальцитом доломита (Фридман, Сендерс, 1970).

Наблюдения вторичных продуктов, образовавшихся при выветривании первичных минералов в аридной зоне, позволили исследователям также установить характерные для пустынного ожелезнения пленки, примазки, чешуйки гетита и гематита (Лобова, 1960).

Группа серо-коричневых почв. К этой группе относятся наиболее увлажненные среди рассматриваемых аридные почвы. Особенно характерны для них следующие микроморфологические признаки (Минашина, 1960): для верхних горизонтов – наличие гумусово-глинистых и глинистых пленок на первичных минералах, зернистое строение тонкодисперсной массы и ее гумусово-карбонатно-глинистый состав; ниже по профилю строение глинистой массы становится спутанноволокнистым, основу ее составляют чешуйки и волокна оптически ориентированных глин. Эти признаки

указывают на максимальную оглиненность серо-коричневых почв в ряду аридных почв.

Результатом выветривания первичных минералов является выделение окислов и гидроокислов железа и пропитывание ими тонкодисперсной массы. По наличию пленок и сгустков глинистого вещества в почвах можно предполагать локальную подвижность тонкодисперсной массы в пределах горизонта.

Специфично поведение карбонатов в профиле. В верхних горизонтах они частично выщелачиваются. Однако иногда здесь же наблюдаются их микрозернистые скопления. Характерны полная перекристаллизация породных форм $CaCO_3$ и обособление карбонатов от глинистой массы в профиле. В связи с этим преимущественная форма выделений карбонатов в профиле серо-коричневых почв – микрозернистые скопления по порам, ходам и трещинам. В серо-коричневых почвах хорошо выражена микроагрегированность. Агрегаты 1-го и 2-го порядков, с размером последних до 1-3 мм.

В серо-коричневых гажевых почвах наиболее ярким в профиле является гажевый (гипсоносный) горизонт. Основа его состава и строения – микрозернистые таблитчатые кристаллы гипса по оглинившимся обломкам пород, а также агрегаты кристаллов гипса, одиночные крупные кристаллы, гипсовые и карбонатно-гипсовые трубочки, кристаллы гипса волокнистой формы. Все эти формы гипсовых образований гажевого горизонта – результат кристаллизации из раствора сульфата кальция, источником которого служит выветривание пиритсодержащих изверженных пород в аридных условиях (Минашина, 1958а).

Сероземы. Сероземы наиболее изучены в микроморфологическом отношении (Минашина, 1958б, 1960, 1963). При сравнительно слабом оглинении им свойственны отсутствие или незначительное количество оптически ориентированных глин, отсутствие глинистых пленок на стенках пор, гидрослюдисто-глинисто-карбонатный состав тонкодисперсного связующего вещества (в верхней части профиля – гумусово-глинисто-карбонатный) и зернистое его строение. Отсутствуют какие-либо формы глинистого вещества, свидетельствующие об его подвижности. На процессы слабого и скрытого оглинения почв указывают тонкие глинистые и железистые пленки на обломках первичных минералов и зернистое строение тонкодисперсной массы.

В процессе сероземообразования происходит перегруппировка слагающих лёсс частиц с образованием нового типа почвенных микроагрегатов размером 0,1-0,5 мм (в лёссах микроагрегаты имеют размер 0,02-0,06 мм); цементом в микроагрегатах сероземов является гумусово-глинисто-карбонатная тонкодисперсная масса. В некоторых горизонтах серозема встречаются экскременты почвенной фауны.

Сероземы богаты различными формами карбонатов. Во всех горизонтах есть первичные карбонаты – обломки кристаллов кальцита, агрегаты микрозернистого кальцита, кристаллы арагонита и доло-

мита. Размер вторичных форм кальцита 0,001–0,005 мм, реже крупнее, часто они имеют игольчатую форму. Вторичные формы кальцита входят в состав тонкодисперсной массы, образуют "одежды" на стенках пор, а в средних и нижних горизонтах также формируют округлые микрозернистые скопления и трубочки по ходам корней.

На основе микроморфологических исследований по-новому освещена природа оглиненного горизонта сероземов, который был описан А.Н. Розановым. Обнаружено, что местами это погребенный гумусовый горизонт, хорошо агрегированный и вторично закарбоначенный за счет современного иллювиирования карбонатов.

Такыры и такыровые почвы. Детальная микроморфология этой группы пустынных почв разработана И.И. Феофаровой (1956) и Н.Г. Минашиной (1973, 1974). В работе Феофаровой установлены явления, признаки, понятия, которые оказались руководящими в изучении не только такыров, но и большого ряда аридных и гумидных почв. Такими явились понятия о "потечной глине" или глинистых натеках, об иллювиальной природе их и стадиях преобразования в процессе старения, о псевдокристаллах как единицах строения глин, о микрозонах изменения горизонтов почв, о характере порозности, микроагрегированности и многие другие. В работах Н.Г. Минашиной по микроморфологическим признакам установлена особая важность изучения глинистого вещества, его строения и состава для выяснения генезиса такыровых и других аридных почв.

Суммируя имеющиеся данные, главным микроморфологическими чертами такыровых почв можно назвать следующие.

В такыровых почвах содержится небольшое количество глинистого вещества, которое обладает высокой дисперсностью и свойством пептизироваться и отделяться (сепарироваться) от грубодисперсной части, образуя пленки по стенкам пор и трещин и сгустки оптически ориентированных глин даже на кристаллах гипса. По трещинам наблюдаются глинистые натеки, как результат микроиллювиирования. В такырах тонкодисперсное глинистое вещество передвигается вверх, вниз, в стороны. С этим связано образование такыровой корки. Глинистые пленки, сгустки, натеки создаются и разрушаются в такырах при увлажнении и высыхании. Они подвергаются также механическим перемещениям в профиле такыра. Для такыров характерны следы микронамыва.

Микроструктура верхних горизонтов такыров названа листоватой или пластинчатой, в основном же этой группе пустынных почв свойственна дезагрегированность. Характерно наличие так называемых "такыровых" (пузырьковых) пор.

Микроморфологические признаки в такырах и такыровых почвах – дезагрегированность, пептизация и сепарация глинистого вещества, частичное переотложение материала в профиле и на поверхности – послужили основой для введения понятия "опустынивание почв". И.И. Феофарова описала в верхних горизонтах такыров Кизыл-Арватской равнины микрозоны обезыливания и декарбонатизации.

Пустынно-песчаные почвы. В этой группе почв верхняя 5-10-сантиметровая толща не агрегирована. Очень слабые признаки агрегации появляются в слое 10-30 см, что связано с расположением здесь максимума корней и с некоторой цементацией почвенных частичек карбонатами и скреплением их глинистыми пленками (Минашина, 1974; Сафонова, Герасимова, 1975). Карбонаты представлены микрозернистым кальцитом в виде прерывистых пленок или пятен на песчинках, благодаря чему они обнаруживают тенденцию к слипанию. Другая, более распространенная форма карбонатов - изометрические кристаллы кальцита размером 0,05-0,1 мм, иногда игольчатой формы.

Среди немногочисленных и очень слабо выраженных почвенных процессов, фиксируемых микроморфологически в пустынных песчаных почвах, относительно постоянен процесс перекристаллизации кальцита. Результатом его является образование корочки на поверхности почвы и преобразование кальцита обломков пород или конкреций в мелкозернистый. Существенный признак почв - иллювиирование карбонатов, выражающееся в образовании прожилок и пятен $CaCO_3$ в нижней части профиля.

Наиболее характерен для пустынных песчаных почв процесс ожелезнения с образованием малогидратных красноватых или желтоватых пленок вокруг песчинок. В образовании пленок на поверхности песчинок принимают участие глинистые частицы и органическое вещество. Ожелезнение песчаных пустынных серо-бурых почв было впервые детально рассмотрено Е.В. Лобовой (1960). В песчаных пустынных почвах Кызылкумов зона ожелезнения в профиле наиболее обширна (от 5 см до 1 м и глубже), зона проявления цементации карбонатами и их перекристаллизации значительно уже (10-50 см) и слабо выражена, а зона образования глинистого вещества ограничивается слоем 10-20 см. В более развитых почвах (закрепленные пески) карбонатный цемент местами сменяется глинисто-карбонатным. Интересны образования известково-глинистых трубочек; 1-3% ила, иногда более, содержащиеся в пустынных песчаных почвах, задерживаются благодаря сорбции на поверхности песчинок (Минашина, 1974).

Общими "пустынными" признаками, особенно отчетливыми в песчаных почвах, являются слабая выветрелость зерен скелета, высокое содержание акцессорных минералов и в ряде случаев сохранение исходных породных признаков (эоловая слоистость, высокая окатанность зерен).

Серо-бурые почвы. Основные признаки процесса серо-бурого почвообразования были установлены Е.В. Лобовой (1960) и подтверждены микроморфологически И.И. Феофаровой и Б.Я. Полонской по тем же разрезам.

Верхний генетический горизонт серо-бурых почв - пористо-ноздреватая корка - состоит из обломков первичных минералов и тонкозернистых карбонатов. Вокруг зерен хорошо выражены пленки из тонкозернистого кальцита, пропитанного тонкодисперсным глинистым

веществом. Местами наблюдается перекристаллизация кальцита. Вокруг пузырьковых пор, а часто и вокруг песчинок развиты тонкие пленки оптически ориентированной глины.

Оглиненный горизонт В отличается наиболее компактным сложением, высокой степенью ориентации тонкодисперсной массы. В суглинистых разностях серо-бурых почв глина имеет струйчато-пленочное и спутанноволокнистое строение (Минашина, 1974). В супесчаных серо-бурых почвах горизонт В прослеживается по более интенсивному развитию карбонатно-глинистых пленок, ниже сменяющихся карбонатными. Карбонатно-глинистые пленки определяют известную связность горизонта.

Характерным свойством горизонта В, отмечаемым во многих описаниях, является присутствие хлопьев гидратов окислов железа, окисных пленок и пятен на зернах минералов и даже марганцевых дендритов, что, по Е.В. Лобовой, свидетельствует о значительной степени развития здесь процесса пустынного ожелезнения. Во многих случаях в горизонте содержатся конкреции из микропылеватых форм кальцита, иногда с признаками перекристаллизации. В нижней части горизонта (с глубины 40-50 см) появляются рассеянные ромбические кристаллы гипса, фиксирующие переход к нижележащему гипсоносному горизонту. В шлифах из образцов гипсоносного горизонта кристаллы гипса имеют удлиненную волокнистую форму.

Существуют две точки зрения на происхождение серо-бурых почв. Часть почвоведов считает их современными образованиями, соответствующими зональным биоклиматическим условиям среднеазиатских пустынь. Однако высказываются также мнения, что современные серо-бурые почвы формируются из древних "пра-серо-бурых", главным образом из материала карбонатного горизонта В. Верхняя часть древних почв разрушена и удалена. Пра-серо-бурые почвы формировались в более влажные эпохи, когда климат был теплее, сезонно влажнее и суше, т.е. контрастнее, и происходило энергичное внутрипочвенное оглинивание, ожелезнение и иллювиирование карбонатов (Минашина, 1974).

## ВЫВОДЫ

Микроморфологические исследования, выполненные на аридных почвах и почвообразующих породах, явились своего рода основой микроморфологии как раздела почвоведения в СССР. Определения микроморфологических особенностей кристаллических солевых образований, признаков агрегации и дезагрегации, форм тонкодисперсной массы (плазмы), а также определение связей между всеми элементами микростроения почв и условиями среды к настоящему времени являются более или менее установившимися.

Микроморфологическая диагностика признаков аридных почв, в отличие от гумидных, дала определенные результаты в уточнении вопросов их генезиса. С той или иной степенью детальности к настоящему времени охарактеризованы основные черты микрострое-

ния главных групп аридных почв СССР, ряд особенностей аридного корообразования, основные моменты выветривания первичных минералов, особенности "культурного" почвообразования и опустынивания почв. Микроморфологические исследования почв аридной зоны СССР позволили достаточно достоверно оценить формы участия процессов глинообразования, сепарации и пептизации глины, современных и прошлых фаз перераспределения веществ, процессов ожелезнения, педотурбаций, карбонатизации, декарбонатизации, загипсовывания в формировании почвенной толщи.

Вместе с тем круг вопросов аридного выветривания и почвообразования рассмотрен с неодинаковой степенью детальности для разных районов аридной зоны. Несомненно, что изучение этих вопросов на примере аридных почв и кор выветривания Армении, Грузии, Азербайджана, а также районов Средней Азии может дать большой дополнительный материал, особенно важный для разделения, диагностики и классификации почв (в частности, разделения коричневых и серо-коричневых почв) и классификации солевых кор (в частности, сопоставление карбонатных и гипсовых кор разных районов).

Очень важна проверка гетерогенности профилей аридных типов почв с помощью микроморфологического метода, так как к настоящему времени накапливается все больше сведений о наложении современного аридного почвообразования на профили почв, сформированные в иных биоклиматических условиях.

Микроморфологический метод является инструментом постоянного контроля над степенью окультуренности аридных почв в районах их интенсивного использования и освоения.

ЛИТЕРАТУРА


Биссел Г.Д., Чилиган Д.В. Классификация осадочных карбонатных пород. – В кн.: Карбонатные породы, т. I. М., "Мир", 1970.

Лобова Е.В. Почвы пустынной зоны СССР. М., Изд-во АН СССР, 1960.

Минашина Н.Г. Серо-коричневые гажевые почвы Кировабадского массива Азербайджанской ССР. – Труды Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 1958а, т. 9.

Минашина Н.Г. Оптически ориентированные глины в почвах. – Почвоведение, 1958б, № 4.

Минашина Н.Г. Микроморфологическое исследование лёсса и его изменений при почвообразовании. – Докл. сов. почвоведов к VII конгрессу в США. М., Изд-во АН СССР, 1960.

Минашина Н.Г. Особенности микростроения целинного серозема и орошаемых почв Зеравшанской долины. – В кн.: Влияние орошения на почвы оазисов Средней Азии. М., Изд-во АН СССР, 1963.

Минашина Н.Г. Почвы древнего орошения в Каракумской и Ливийской пустынях. – Почвоведение, 1965, № 5.

Минашина Н.Г. Микроморфология лёсса, сероземов, хейлуту и некоторые вопросы их палеогенезиса. – В кн.: Микроморфологический метод в исследовании генезиса почв. М., "Наука", 1966.

Минашина Н.Г. Особенности микроморфологического строения пустынных такыровых почв Средней Азии. – В кн.: Микроморфология почв и рыхлых отложений. М., "Наука", 1973.

Минашина Н.Г. Орошаемые почвы пустыни и их мелиорация. М., "Колос", 1974.
Минашина Н.Г. Гипсоносные почвы, особенности их освоения и анализа. – Почвоведение, 1975а, № 8.
Минашина Н.Г. Мелиоративные особенности и классификация гипсоносных почв. – Почвоведение, 1975б, № 10.
Сафонова Л.И., Герасимова М.И. Пустынные почвы легкого механического состава, их микроморфология и свойства. – Проблемы освоения пустынь, 1975, № 1.
Сендерс Дж.И., Фридмен Дж.М. Происхождение и распределение известняков. – В кн.: Карбонатные породы, т. I. М., "Мир", 1970.
Схема описаний и термины в микроморфологии почв. Изд-во МГУ, 1972.
Феофарова И.И. Минералогическое определение водно-растворимых минералов в засоленных почвах. – Почвоведение, 1940, № 12.
Феофарова И.И. Арагонит в почвах. – Труды Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, т. 34, 1950а.
Феофарова И.И. Псевдоморфозы кальцита по гипсу в почвах. – Труды Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, т. 34, 1950б.
Феофарова И.И. Микроморфологическая характеристика такыров. – В кн.: Такыры Западной Туркмении и пути селькохозяйственного освоения. М., Изд-во АН СССР, 1956.
Феофарова И.И. Определение карбонатов в засоленных почвах микроскопическим методом. – Труды Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, т. 53, 1958а.
Феофарова И.И. Сульфаты в засоленных почвах. – Труды Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, т. 53. М., 1958б.
Ферсман А.Е. К геолого-минералогическому обследованию Сакского озера. Избр. труды, т. 1, М., Изд-во АН СССР, 1952.
Фридмен Дж.М., Сендерс Дж.И. Генезис и распространение доломитов. В кн.: Карбонатные породы, т. I. М., "Мир", 1970.
Brewer R. Fabric and mineral analysis of soils. – Journ. Willey a. sons. Inc. New York-London-Sydney, 1964.
Kubiena W. Micropedology. Collegiate Press. Amer, Iowa, 1938.
Kubiena W. Micropedological features of soil geography. New York, 1970.
Stoops G. Debat sur la micromorphologie des sols arides. – Conf.mediterr. soils. Grignon, 1970.
Sehgal I.L., Stoops G. Pedogenic calcite accumulation in arid and semiarid regions of the Indo-Gangetic plain (Punjab) – their morphology and origin.– Geoderma, 1972, v. 8, N 1.

## ABSTRACT

Main micromorphological features of arid soils are considered in a genetical aspect. The following aspects of soil micromorphology, especially important in arid soils – carbonate effervescences and concretions, gypsum crystal formations and the fabric of fine dispersed mass (plasmic fabric) – are discussed in details from the point of view of their morphology, classification, ways of formation and genetical meaning. Micromorphological characteristics of soils, existing in the soviet literature are summarized for main arid soils: serozems, grey-brown soils, takyrs and takyr-like soils, grey-cinnamonic soils and loesses – the widely spread parent material.

*Л.И. Степанец, В.Ф. Напреев, Р.А. Губайдулин*

# ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ В ВОСТОЧНЫХ РАЙОНАХ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Территория Карагандинской области относится к зоне сухих степей Центрального Казахстана и характеризуется в целом недостаточным увлажнением. Маловодные годы, когда количество атмосферных осадков не превышает летом 60–80 мм, эпизодически повторяются и продолжаются иногда по 5–9 лет подряд. Аридный климат, расчлененный мелкосопочный рельеф, отсутствие крупных водоемов и рек – все это оказывает неблагоприятное влияние на развитие мелиорации.

В настоящее время в области насчитывается немногим более 20 тыс. га разобщенных массивов, орошаемых за счет поверхностных вод рек, озер и водохранилищ. Однако и здесь в засушливые годы приходится ограничивать норму полива из-за резкого сокращения стока степных рек. Основной объем стока проходит в период короткого весеннего паводка, а в летнее время формирование его обязано исключительно дренированию подземных вод.

Значительно увеличились перспективы орошения в связи с вводом в эксплуатацию канала Иртыш–Караганда, воды которого оросят поля западных и центральных районов Карагандинской области. В восточные же районы (Ульяновский и Каркаралинский), расположенные в значительном удалении и гипсометрически выше канала, подача иртышской воды не планируется. В этих районах развито полеводство, большинство совхозов имеет животноводческое направление. В засушливые годы урожаи зерновых здесь крайне низкие, а корма завозятся на зимний период из северных областей Казахстана, что в значительной степени сдерживает развитие общественного животноводства. Здесь отмечается полная зависимость кормовой базы от климатических факторов: так, в засушливый 1974 г. себестоимость кормов в Каркаралинском районе возросла в 6–10 раз по сравнению с предыдущими относительно благоприятными годами.

Вместе с тем на востоке Карагандинской области имеются обширные массивы пригодных для орошения почв и, как показали результаты гидрогеологических исследований, выполненных Центрально-Казахстанским территориальным геологическим управлением, существует возможность организации оазисного орошения за счет подземных вод. Основные критерии для этого следующие:

1) наличие эксплуатационных запасов подземных вод, которые могут быть получены рациональными водозаборами при заданном

режиме эксплуатации и качестве воды, удовлетворяющем требованиям потребителя;

2) эксплуатационные запасы подземных вод периодически восполняются и обеспечивают работу водозаборных сооружений в течение практически неограниченного периода;

3) использование для орошения подземных вод не повлечет уменьшения их запасов, разведанных и используемых для водоснабжения района, что отвечает требованиям Основ водного законодательства СССР.

Наиболее крупные запасы подземных вод в рассматриваемом районе сосредоточены в долинах рек Жарлы, Нура, Матак, Талды, Сарыбулак и др. и заключены в аллювиальных четвертичных песчано-гравийно-галечниковых отложениях. К настоящему времени в некоторых из указанных долин часть эксплуатационных запасов подземных вод, общим объемом 1,5 $м^3$/сек, утверждена для водоснабжения горнорудных предприятий и населенных пунктов.

На утвержденных запасах пока действует только водозабор в долине р. Талды с проектной производительностью 300 л/сек, а также проектируется строительство первой очереди Среднежарлинского водозабора на 80 л/сек. В долинах рек в последние годы выявлены новые запасы пресных подземных вод, в 2-2,5 раза превышающие общую сумму утвержденных.

В первую очередь это касается долины р. Жарлы и верховьев долины р. Нуры, в пределах которых водоносный горизонт аллювиальных отложений распространен на площади более 700 $км^2$. Ширина горизонта изменяется от 3-6 до 8-10 км; максимальная мощность его в центральных частях долин составляет 15-25 м, при постепенном выклинивании к бортам (рис. 2-5). Для водоносных пород характерно следующее среднее содержание фракций: 10-5 мм (16-20%), 5-2 мм (40-50%), 2-0,5 мм (15-20%), 0,5-0,005 мм (менее 10%). Преобладание в строении водоносного горизонта аллювиальных отложений крупнозернистых и гравийно-галечных разностей и незначительное содержание пылеватых и глинистых частиц предопределяют высокую водоотдачу пород. Для долины р. Нуры она составляет 18-22%, для низовий долины р. Жарлы - 16-20%. Водоносные отложения горизонта обладают высокими фильтрационными свойствами. Срединие коэффициенты фильтрации их составляют 100-150 м/сутки. Дебиты разведочных скважин достигали 10-20 л/сек при понижении уровня подземных вод на 0,4-1 м.

Песчано-гравийно-галечниковые отложения повсеместно залегают на эродированной поверхности неогеновых глин, которые изолируют их от других водоносных горизонтов и комплексов. С поверхности они перекрыты супесчано-суглинистыми отложениями мощностью 0,5-1,5 м (реже 3 м). Покровные отложения обладают хорошей водопроницаемостью и коэффициентами фильтрации 2-4 м/сутки. Подземные воды горизонта грунтовые; глубина их залегания уменьшается от 4-5 м в верховьях долин до 1,5-2,5 м к низовьям. Характерно также увеличение глубины уровня подземных вод от

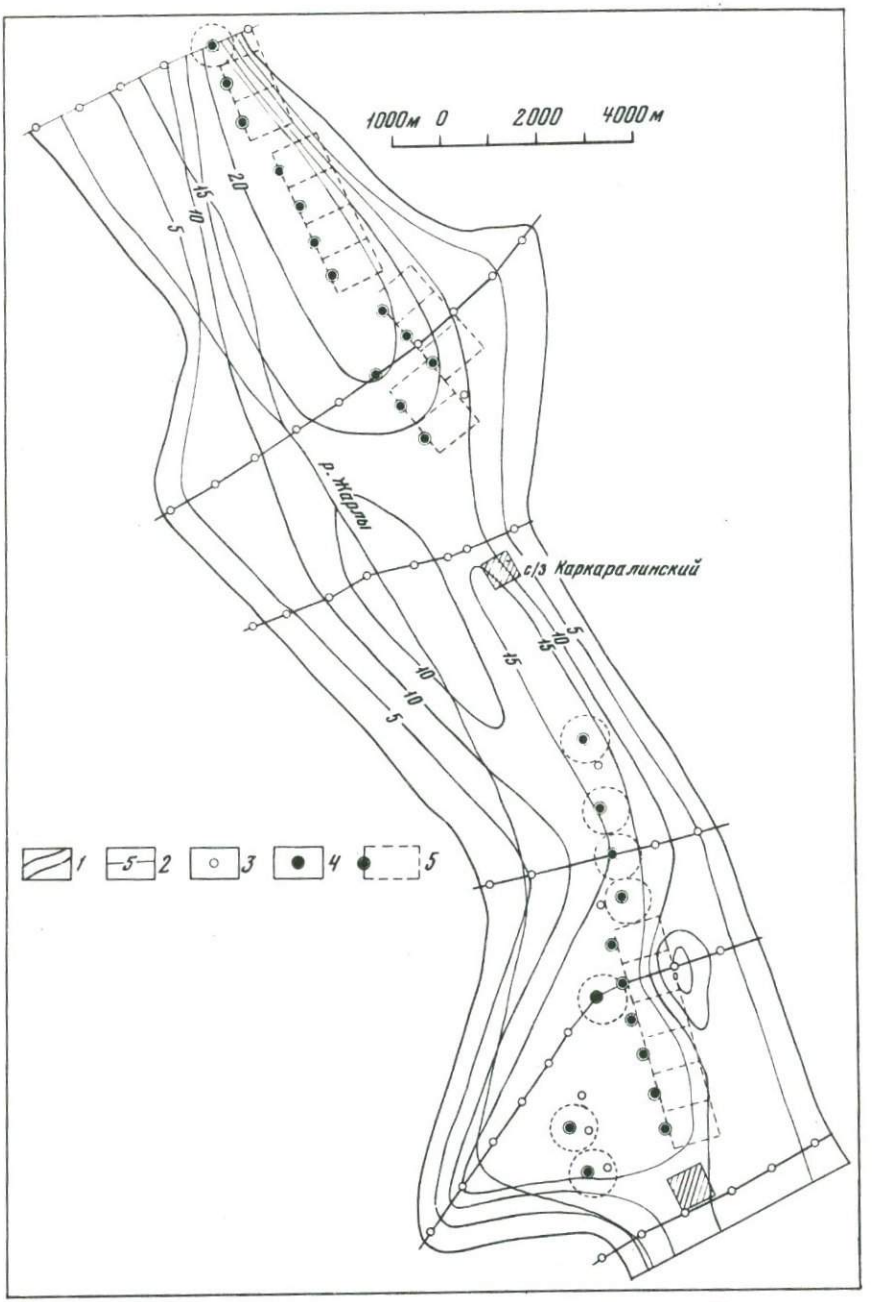



Рис. 1. Карта изолиний мощности низовьев долины р. Жарлы.

*1* – граница распространения водоносного горизонта; *2* – изолинии мощностей; *3* – поисково-разведочные скважины (вверху – номер, внизу – мощность водоносного горизонта); *4* – эксплуатационные скважины (вверху – номер, внизу – мощность водоносного горизонта); *5* – орошаемые площади

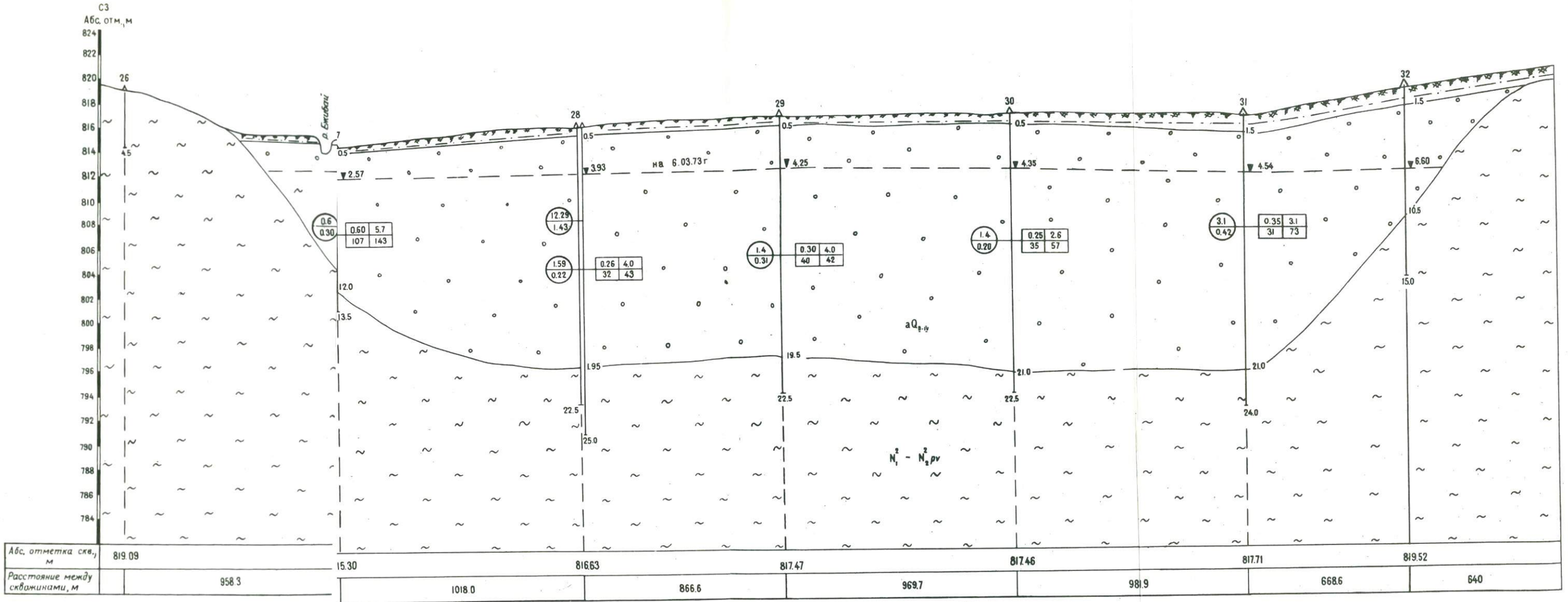



Рис. 3. Гидрогеологический разрез верховьев долины реки Жарлы
Усл.обозн.см. на рис. 2

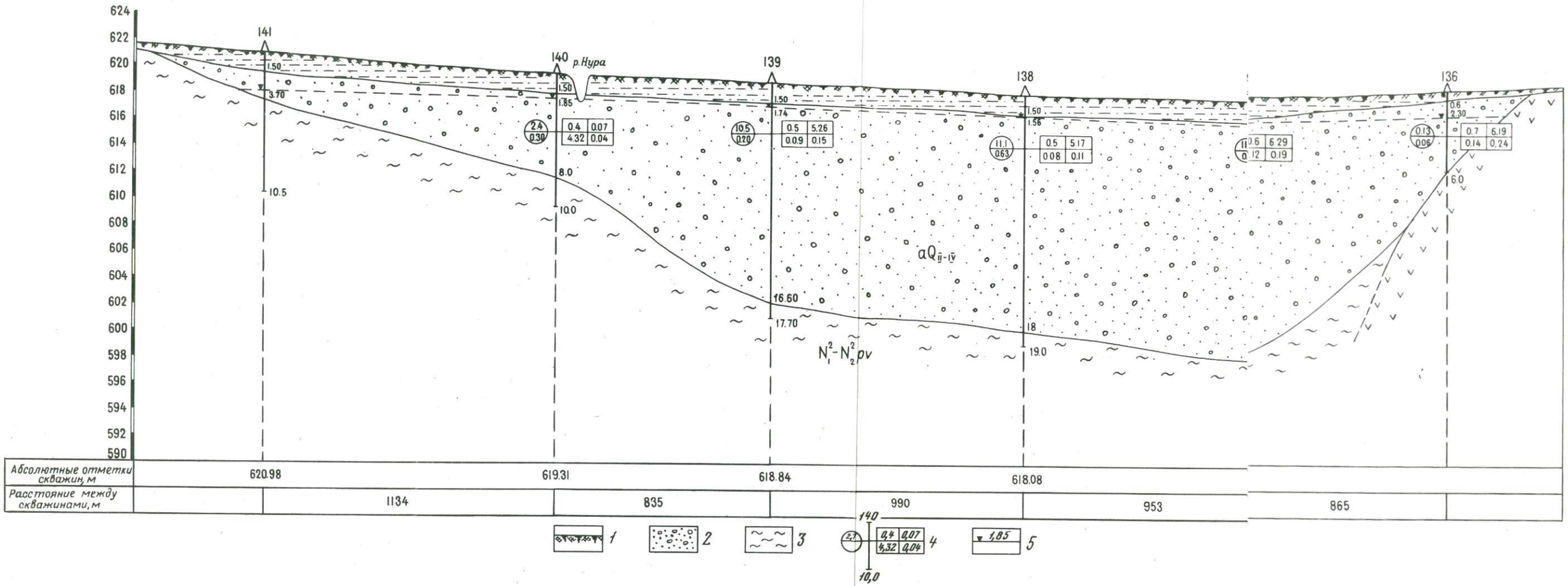



Рис. 2. Гидрогеологический разрез верховьев долины реки Нуры.

*1* – почвенно-растительный слой; *2* – водоносный горизонт аллювиальных среднечетвертичных – современных отложений ($aQ_{II-IV}$) гравий на песчаном заполнителе; *3* – водоупорные пестроцветные неогеновые глины ($N_1^2 - N_{2pv}^2$); *4* – скважины: вверху – номер, внизу – глубина (м), справа в числителе – минерализация, в знаменателе – хлориды (мг/л), слева в числителе – жесткость (мг/л), в знаменателе – сульфиды (мг/л); *5* – уровень грунтовых вод

Зак. 1824.

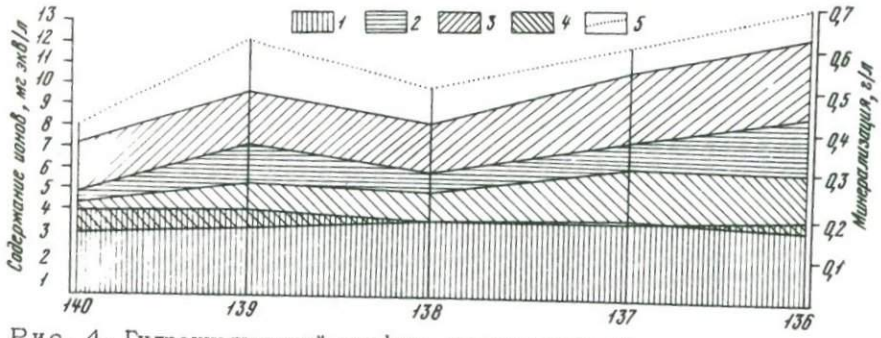



Рис. 4. Гидрохимический профиль долины реки Нуры.
Содержание ионов (мг–экв/л); 1 – $HCO_3$; 2 – $SO_4^{2-}$; 3 – Cl; 4 – $Mg^{2+}$. Содержание $Ca^{2+}$ откладывается от нуля графика; 5 – линия общей минерализации воды (г/л)

центральных частей долин к бортовым. Уклон грунтового потока совпадает с направлением общего уклона долины и составляет 0,002-0,003. Температура подземных вод относительно постоянная, в течение вегетационного периода она составляет 5–7°С.

Основные процессы, обусловливающие современные гидрогеохимические условия в долинах рек Жарлы и Нура, – разбавление грунтовых вод четвертичных песчано-гравийно-галечных отложений русловыми и талыми водами в весенний период и летнее испарение грунтовых вод. Эти два противодействующих, но в то же время взаимосвязанных процесса, протекая с различной интенсивностью в зависимости от ряда природных факторов (мощности и проницаемости зоны аэрации и водоносного горизонта, уровня подземных вод, степени связи поверхностных и подземных вод, количества атмосферных осадков и их распределения по сезонам, распределения поверхностного стока и его колебаний в многолетнем режиме, качества поверхностных и метеорных вод и т.д.), создали в продуктивном водоносном горизонте относительно устойчивую гидрохимическую обстановку.

Сезонные колебания минерализации воды в естественных условиях настолько незначительны, что не нарушают общей картины постепенного увеличения содержания солей в подземных водах вниз по потокам. Так, если в верховьях р. Жарлы общая минерализация грунтовых вод не превышает 0,5 г/л, то в ее низовьях она достигает 0,9–1,1 г/л. Еще в меньшей степени происходит нарастание минерализации вкрест простирания долины от осевой части к бортам. Аналогичная закономерность наблюдается и в долине р. Нуры, где общая минерализация подземных вод колеблется в пределах 0,6–1,0 г/л. Все это свидетельствует о том, что для мощных водоносных горизонтов, обладающих высокой водопроводимостью, в условиях равноценного естественного притока и оттока ни разбавление слабоминерализованными водами, ни испарительная

концентрация солей и их привнос из зоны аэрации не играют существенной роли. Такой вывод дает основание предполагать, что при снижении уровня в результате интенсивной эксплуатации начнется опреснение подземных вод за счет большего привлечения по сравнению с естественными условиями слабоминерализованных поверхностных вод. Этому же будет способствовать и уменьшение влияния процессов испарительной концентрации.

Значительные площади распространения водоносного горизонта четвертичных отложений, достаточные мощности и хорошие фильтрационные свойства водовмещающих пород создают благоприятные условия для формирования здесь крупных естественных запасов пресных подземных вод, которые составляют для долины р.Жарлы и для верхней части долины р. Нуры более 1,5 млрд. $м^3$.

Использование подземных вод речных долин основано на сработке их естественных запасов в периоды, не обеспеченные питанием, и на последующем пополнении путем поглощения паводкового стока рек и инфильтрации зимне-весенних атмосферных осадков. Величина этого пополнения зависит от гидрогеологических условий отдельных участков и водности года. В маловодные годы (1974-1975 гг.) подъем уровня подземных вод составил 0,1-0,2 м, а в годы повышенной водности он достигает 0,5-1 м. Объем поглощения паводкового стока в отдельные многоводные годы, согласно выполненным опытно-балансовым работам, может достигать 10-15% первоначального объема естественных запасов подземных вод водоносного горизонта.

Эксплуатационные запасы подземных вод для орошения подсчитаны на вегетационный период (120 дней) при прерывистом режиме водоотбора (16 час. в сутки) с учетом вероятного максимально возможного 9-летнего маловодного периода; для долины Жарлы и верховьев долины р. Нуры они составляют 17,1 $м^3$/сек (табл. 1).

Немаловажное значение для освоения земель под оазисное орошение помимо запасов пресных подземных вод имеют характер

Таблица 1

Возможные площади орошения при различных нормах полива

| Долина рек | Площадь, $км^2$ | Естественные запасы подземных вод, млн. $м^3$ | Максимальные расходы эксплуатационных скважин, л/сек | Возможная площадь орошения, тыс. га, при гидромодуле, л/(сек·га) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1 | 0,8 |
| Жарла | 490 | 1156 | 50-100 | 8,6 | 10,7 |
| Нура | 220 | 400 | 50-70 | 8,5 | 10,5 |
| Всего | 710 | 1556 | - | 17,1 | 21,2 |

Таблица 2

Использование пробуренных скважин

| Совхоз | Число пробуренных скважин | Возможная орошаемая площадь, га | Число скважин, использовавшихся в 1975 г. | Фактическая орошаемая площадь, га |
|---|---|---|---|---|
| "Инталы" | 14 | 1 120 | 4 | 300 |
| "Каркаралинский" | 17 | 1 360 | 5 | 400 |
| "Восток" | 19 | 1 520 | 6 | 450 |
| им. Нуркена | 10 | 800 | - | - |
| Всего | 60 | 4 800 | 15 | 1150 |

почвенного покрова и рельеф местности. Большая часть площади рассматриваемых долин отличается выровненной поверхностью с преимущественным распространением неполноразвитых супесчаных каштановых почв, которые обеспечивают хороший отток вод[1].

Анализ схем внутрихозяйственного землеустройства совхозов им. Нуркена, "Восток", "Каркаралинский", "Инталы" и "Пролетарский" позволил установить, что только на участках долин, где мощность водосодержащих аллювиальных отложений составляет 15–20 м, имеется 20–25 тыс. га земель, предназначенных для коренного улучшения севооборота. На таких участках расходы эксплуатационных скважин достигают 50–70 л/сек при снижении динамического уровня менее чем на половину мощности водоносного горизонта. Подобная производительность скважин, а также незначительные уклоны поверхности обеспечили нормальную работу любых находящихся на вооружении сельского хозяйства дождевальных агрегатов, в том числе широкозахватных машин "Волжанка" и "Фрегат". Установка последних непосредственно вблизи эксплуатационных скважин позволила использовать их с максимально возможным эффектом, без каких-либо капитальных затрат на мелиоративное строительство, кроме затрат на содержание самих скважин и линий электропередач с трансформаторными подстанциями.

В 1975 г. были пробурены первые 60 эксплуатационных скважин. Глубина их составила 22–27 м, интервалы водоносных песчано-галечных отложений перекрыты сетчатыми фильтрами на трубах диаметром 12–16 дюймов с гравийной обсыпкой. В качестве водоподъемников использованы высокопроизводительные центробежные насосы ЭЦВ-12, обладающие необходимым напором для стабильной работы агрегатов "Волжанка" и "Фрегат". Основные сведения об использовании пробуренных скважин и орошении подземными водами приведены в табл. 2.

[1] Скважины будут выполнять роль вертикальных дрен, предотвращая процессы вторичного засоления.

Несмотря на то что в первый год по различным причинам (отсутствие насосов, неподготовленность линий электропередач и т.п.) была введена в эксплуатацию лишь четвертая часть пробуренных скважин, некоторые из которых использовали лишь с середины сезона, получены весьма обнадеживающие результаты. Урожайность основной культуры кукурузы в совхозах "Италы", "Каркаралинский" и "Восток" составила на орошаемых землях по 100–120 ц зеленой массы с 1 га, что в 6–8 раз выше, чем на богаре. Такие урожаи получены при явно заниженной норме орошения, 1,5–2,0 тыс. $м^3$/га за поливной сезон, и без предварительной влагозарядки. Подземными водами орошались также другие кормовые культуры. Например, урожайность суданской травы на площади 80 га в совхозе "Восток" составила 40 ц/га.

По мнению специалистов сельского хозяйства, на орошаемых подземными водами площадях при правильно организованной системе полива с использованием полного комплекса агротехнических мероприятий можно получать устойчивые урожаи кукурузы на силос, равные 150–200 ц/га, а также по два урожая в год многолетних трав. Технико-экономические расчеты показывают, что при таких урожаях и средней себестоимости центнера кормов по области, равной 3 руб., затраты на строительство водозаборных сооружений и их эксплуатацию, вместе со стоимостью дождевальной техники, окупаются в течение одного сезона. Возможности использования подземных вод для орошения этим далеко не ограничиваются. Анализ результатов предварительных гидрогеологических исследований показывает, что в восточных районах Карагандинской области имеются реальные возможности увеличения площади орошаемых земель за счет рационального использования подземных вод. Это позволит удвоить площади мелиорируемых почв в области и успешно решить проблему создания кормовой базы животноводства.

ЛИТЕРАТУРА

Забузов А.А., Фомин В.М., Плотников Н.И. Использование подземных вод для орошения. – Разведка и охрана недр, 1975, № 1.

Мелиорация земель в СССР. Под ред. Б.Г. Штепы. М., "Колос", 1975.

Некоторые вопросы развития мелиорации в СССР. Под ред. Б.Г. Штепы. М., "Колос", 1975.

## ABSTRACT

Waters from Irtysh are not supposed to be used for irrigation in the eastern part of Karaganda district, while there are suitable areas there. That is why it is recommended to utilize the underground waters, their reserves being 2–2. 5 times greater, than it was supposed before. In this case 17–20 thousands hectares may be irrigated and the problem of forage may be solved for the eastern regions of Karaganda district. The experience of land irrigation for fodder cultures is considered, data on their yields are communicated.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Предисловие *В.А. Ковда* . . . . . 5
*Е.В. Лобова, А.В. Хабаров*
Почвенные ресурсы аридных и полуаридных зон мира . . . . . 7
*Е.В. Лобова, Н.В. Кимберг, П.А. Керзум, А.П. Лавров, А.М. Мамытов, У.У. Успанов*
Новые почвенные карты Азии. . . . . 16
*В.В. Герцык, А.А. Роде*
О проявлении элементарной цикличности в водном режиме почв . . 25
*В.М. Боровский, Ж.А. Аханов*
Об эффективности орошения в степных засушливых районах Северного Казахстана . . . . . 56
*Г.М. Мухамеджанов*
Орошение артезианскими водами в Казахстане . . . . . 72
*А.В. Хабаров*,
Минералогический состав и выветривание в песчаных почвах и песках Кызылкумов и Каракумов . . . . . 83
*Н.В. Кимберг, Т.П. Попова*
О некоторых пустынных песчаных почвах Центральных Кызылкумов. 111
*Л.И. Сафонова, З.Ш. Шамсутдинов*
Освоение пустынных почв под черносаксауловые пастбищные насаждения . . . . . 123
*И.М. Островский*
Пески Обручевской степи в зоне Каракумского канала и возможности их освоения . . . . . 137
*В.А. Ковда, Б.П. Градусов, Т.Л. Быстрицкая*
Особенности вторичных минералов в почвах Восточно-Африканского рифта . . . . . 148
*Н.А. Ногина, Ю.Г. Евстифеев, К.А. Уфимцева*
Почвы низкогорных и равнинных степей и пустынь Монголии . . . 165
*Л.Е. Родин, Н.И. Базилевич, Б.П. Градусов, Е.А. Ярилова*
Засушливая саванна Раджпутана (пустыни Тар). Почвы, продуктивность, биогеохимия . . . . . 196
*В.Г. Попов*
Аридные почвы Джалалабадской долины Афганистана и их освоение . 226
*А.И. Ромашкевич, М.И. Герасимова*
Главные аспекты микроморфологии аридных почв СССР. . . . . 239
*Л.И. Степанец, В.Ф. Напреев, Р.А. Губайдулин*
Опыт использования подземных вод для орошения в восточных районах Карагандинской области . . . . . 254

CONTENTS

Foreword *V.A. Kovda* . . . . . 5
*E.V. Lobova, A.V. Khabarov*
World soil resources of arid and semiarid zones . . . . . 7
*E.V. Lobova, N.V. Kimberg, A.P. Lavrov, A.M. Mamytov, U.U.Uspanov*
New soil maps of Asia . . . . . 16
*V.V. Gerzyk, A.A. Rode*
On the elementary cycles in the soil water regime . . . . . 25
*V.M. Borovsly, Zh.A. Akhanov*
On the efficiency of arrigation in dry steppe regions of Northern Kazakhstan . . . . . 56
*S.M. Mukhamedjanov*
Irrigation by artesian waters in Kazakhstan . . . . . 72
*A.V. Khabarov*
Mineralogical composition and weathering in sandy soils and sands of Kara-Kum and Kysyl-Kum deserts . . . . . 83
*N.V. Kimberg, T.V. Popova*
On sandy desert soils of Central Kysyl-Kum desert . . . . . 111
*L.I. Safonova, Z.S. Shamsutdinov*
Reclamation of desert soils for Haloxylon pastures . . . . . 123
*I.M. Ostrovsky*
Sands of Obrushev steppe in the Kara-Kum canal zone and possibilities of their reclamation . . . . . 137
*V.A. Kovda, B.P. Gradusov, T.V. Bystritzkaya*
Peculiarities of secondary minerals in soils of the East-African rift . . . 148
*N.A. Nogina, Yu.V. Evstifeev, K.A. Ufimtzeva*
Systematics of the Mongolian Republic soils . . . . . 165
*L.E. Rodin, N.I. Basilevich, B.P. Gradusov, E.A. Yarilova*
The dry savanna of Rajputan (Tar desert) Soils, productivity, biogeochemistry 196
*V.G. Popov*
Arid soils of the Jalalbad valley in Afganistan and their reclamation . . 226
*A.I. Romashkevich, M.I. Gerasimova*
Review of the main problems of arid soils micromorphology . . . . . 239
*L.I. Stepanetz, V.F. Napreev, R.A. Gubaidulin*
The experience of underground waters utilization for irrigation in the eastern part of Karaganda district . . . . . 254

УДК 631.42

Почвенные ресурсы аридных и полуаридных зон мира. Е.В. Лобова, А.В.Хабаров. В сб. "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование", М., "Наука", 1977 г.

Приведены новые материалы по подсчету площадей почв аридных и полуаридных зон мира. Подсчитаны площади 81 почвенно-картографических единиц и обсуждены закономерности количественного и качественного разнообразия почвенного покрова. Подсчеты произведены с применением электронного планиметра. Приведены таблицы с результатами подсчетов.

Табл. 1, библиогр. 9 назв.

УДК 631.42

Новые почвенные карты Азии. Е.В. Лобова, Н.В. Кимберг, П.А. Керзум, А.П. Лавров, А.М. Мамытов, У.У. Успанов. В сб. "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование". М., "Наука", 1977 г.

Приводится характеристика следующих почвенных карт: Азии масштаба 1:6 млн.; Средней Азии масштаба 1:2,5 млн.; Казахстана масштаба 1:2,5 млн.

Излагается краткая история составления указанных карт и освещается их научное значение на основании рассмотрения концепций, положенных в основу структуры легенды каждой карты.

Библиогр. 24 назв.

УДК. 631.42

О проявлении элементарной цикличности в водном режиме почв. В.В. Герцык, А.А. Роде. В сб. "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование". М., "Наука", 1977 г.

Исследован временной ход факторов и элементов водного режима трехметровой толщи мощных черноземов под целинной степью и дубовым лесом за 27-летний период (1947-1973). Исследованию подверглись ряды величин: суммы осадков за холодное и теплое полугодия, испаряемости, весенних приращений запаса влаги в почве, самих величин этого запаса, расхода влаги за теплое полугодие из почвенного запаса и общего расхода влаги, величин осеннего запаса влаги в почве и осеннего дефицита запаса.

Установлено, что ряды отклонений этих величин от их средних за весь период наблюдений значений образуют серии переменных знаков различной длины. Последняя в среднем равняется 2 годам, что соответствует ее математическому ожиданию, варьируя по большей части от 1 до 4 лет, изредка достигая 11 лет.

Смежные серии различных знаков образуют элементарные циклы в ходе изученных явлений. Средняя длина элементарного цикла равна 4 годам, что соответствует величине его математического ожидания, с варьированием от 2 до 7 лет, изредка до 15 лет. Случайный фактор в распределении элементарных циклов имеет меньшее значение, чем в распределении серий.

Примененное в работе разложение временных рядов на серии является целесообразным приемом исследования элементарной цикличности факторов и элементов водного режима почв.

Методом построения кривых скользящих трехлетних средних сумм, также примененным в работе, выявлено наличие 6-7-летней цикличности в ходе большинства исследованных явлений, а также предположительное наличие более длинных циклов (20-22 года), для точного установления которых 27-летний ряд наблюдений недостаточен.

Табл. 8; рис. 4; библиогр. 10 назв.

УДК 631.42

Об эффективности орошения в степных засушливых районах Северного Казахстана. В.М. Боровский, Ж.А. Аханов. В сб. "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование", М., "Наука", 1977 г.

Степные районы Северного Казахстана являются одним из основных районов республики по производству товарного зерна яровой пшеницы с высоким содержанием белка. Однако они характеризуются крайней засушливостью, неустойчивостью режима осадков. По расчетам, потенциальный прирост урожая при естественном увлажнении на черноземных почвах возможен до 16–20 ц/га; По опытным данным в условиях обеспеченного увлажнения урожайность можно повысить до 32–36 ц/га, что в 3–4 раза больше фактического среднемноголетнего урожая. Орошение должно осуществляться дождеванием.

Табл. 11; библ. 9 назв.

УДК 631.42

Орошение артезианскими водами в Казахстане. С.М. Мухамеджанов. В сб. "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование". М., "Наука", 1977 г.

Приведены некоторые материалы по использованию подземных вод для орошения в Казахстане. Опыт освоения, внедрения и использования разведанных артезианских вод показал высокую эффективность применения орошения широкозахватными дождевальными машинами. В тех районах, где имеются артезианские водоносные горизонты, возможно увеличение производства кормов для животноводства.

УДК 631.42

Минералогический состав и выветривание в песчаных почвах и песках Кызылкумов и Каракумов. А.В. Хабаров. В сб. "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование", М., "Наука", 1977 г.

Исследовались пески, песчаные пустынные и песчаные серо–бурые почвы. Песчаные фракции более 0,25 мм изучались под бинокуляром, а фракции 0,25–0,10; 0,10–0,05 и 0,05–0,01 мм – с применением иммерсионных жидкостей и поляризационного микроскопа. Новообразованные минералы изучались иммерсионным, рентгенографическим, термическим и микрохимическим методами. В статье приведена классификация песков Кызылкумов и Каракумов по содержанию тяжелой и легкой фракций, по характеру физического и биохимического выветривания, по степени устойчивости к выветриванию. Установлены типы связей минералов в системе почва–порода. Выявлены основные почвенные процессы и отличия по этому признаку исследованных песчаных массивов.

Табл. 2, Библиогр. 32 назв.

УДК 631.42

О некоторых пустынных песчаных почвах Центральных Кызылкумов. Н.В. Кимберг, Т.П. Попова. В сб "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование". М., "Наука", 1977 г.

В Центральных Кызылкумах описаны различные возрастные стадии пустынных песчаных почв, развитых на эоловых наносах, которые перекрывают серо–бурые почвы. Установлено постепенное развитие пустынных песчаных почв по типу серо–бурых.

Табл. 11. рис. 2, библиогр. 6 назв.

УДК 631.42

Освоение пустынных почв под черносаксауловые пастбищные насаждения. Л.И. Сафонова, З.Ш. Шамсутдинов. В сб. "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование". М., "Наука", 1977 г.

Рассмотрены возможности выращивания черного саксаула на различных почвах. Устанавливаются наилучшие условия для произрастания саксаула с учетом его потребностей к засолению почв, их влажности. Подтверждена целесообразность создания саксауловых лесополос, под защитой которых произрастает полынно-эфемеровая растительность повышенной продуктивности вследствие создания более благоприятного микроклимата. Кроме того, сам черный саксаул служит удовлетворительным кормом для овец и верблюдов в осенне-зимнее время. Черный саксаул растет на почвах, не используемых под орошение.

Табл.2, библиогр. 32 назв.

УДК 631.42

Пески Обручевской степи в зоне Каракумского канала и возможности их освоения. И.М. Островский. В сб. "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование". М., "Наука", 1977 г.

Проведено исследование рельефа полосы левобережья Каракумского канала методом нивелировочных ходов. Показано, что территория представлена преимущественно заросшими песчаными грядово-котловинными формами. На основании морфологического анализа доказано аллювиальное происхождение гряд.

По характеру ветрового режима в Обручевской степи дано климатологическое подразделение года. Наименьшее повторение сильных ветров (более 12 м/сек) отмечается во второй половине теплого периода (август-сентябрь). Земляные работы при планировке рельефа под ирригацию должны проводиться в эти месяцы. Для противодействия дефляции необходимо чередование приспособленных под дождевание полос с естественными. Полосы должны быть расположены перпендикулярно ветровым потокам.

Табл. 4, рис. 2. Библиогр. 17 назв.

УДК 631.42

Особенности вторичных минералов почв Восточно-Африканского рифта. В.А. Ковда, Б.П. Градусов, Т.Л. Быстрицкая. В сб. "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование". М., "Наука", 1977 г.

Исследованы почвы и вторичные глинистые минералы Восточно-Африканского рифта (Эфиопия, Кения, Танзания). Показано своеобразие почв рассматриваемой области по глинисто-минералогическим признакам. Описаны слитные почвы, глинистый материал которых состоит из каолинит-смектитового смешаннослойного образования. Обнаружены смектиты, находящиеся в супердисперсном состоянии, что отражает влияние былых и современных гидроморфных этапов литогенеза и почвообразования.

Табл. 3, рис. 3, библиогр. 31 назв.

УДК 631.42

Почвы низкогорных и равнинных степей и пустынь Монголии. Н.А. Ногина, Ю.Г. Евстифеев, К.А. Уфимцева. В сб. "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование". М., "Наука", 1977 г.

В статье дается систематический список почв равнинных и низкогорных территорий МНР, в котором выделяются типы, подтипы и роды почв. При этом подчеркивается специфичность почв Монголии, обусловленная своеобразием природных условий этой территории.

Для каждого типа и подтипа почв приводятся основные черты морфологического строения профиля и дается краткая характеристика основных показателей (pH, содержание гумуса, солей, емкость обмена, распределение карбонатов).

Для почв, пригодных для освоения, указываются возможности сельскохозяйственного использования.

УДК 631.42

Засушливая саванна Раджпутана (пустыни Тар). Почвы, продуктивность, биогеохимия. Л.Е. Родин, Н.И. Базилевич, Б.П. Градусов, Е.А. Ярилова. В сб. "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование". М., "Наука", 1977 г.

В статье изложены данные о растительности и почвах пустыни Тар. В результате исследования растительности определено зональное положение изученного региона – сухие саванны, а не пустыни, как это считалось ранее.

Проведены всесторонние анализы почв (механический состав, минеральный состав глинистых минералов, гумус, химизм), которые позволили авторам установить генетический тип почвы – субтропические коричневые.

Данными по структуре фитомассы и по особенностям биологического круговорота химических элементов еще раз подтвержден вывод авторов о необходимости отнесения территории Раджпутана к зоне сухих саванн на коричневых почвах, а не к пустыням на почвах сероземного типа.

Табл. 12, рис. 4, библиогр. 43 назв.

УДК 631.42

Аридные почвы Джелалабадской долины Афганистана и их освоение. В.Г. Попов. В сб. "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование". М., "Наука", 1977 г.

Изложены новые данные по аридным почвам Джелалабадской долины и установлена специфичность серо-бурых почв, развитых в пределах долины. Эти почвы отличаются сравнительно невысокой карбонатностью при максимуме карбонатов вверху, значительным внутрипочвенным оглинением. Рассмотрены также пустынные примитивные почвы и степень их развитости в зависимости от возраста. Анализ состава и свойств почв долины, а также климатических условий, положен в основу оценки территории по пригодности для субтропического садоводства. Предложена система мероприятий по окультуриванию почв.

Подготовка пустынных почв для использования под сады рассмотрена детально, с разделением на несколько стадий и циклов освоения и окультуривания.

Табл. 4.

УДК 631.42

Главные аспекты проблем микроморфологии аридных почв СССР. А.И. Ромашкевич, М.И. Герасимова. В сб. "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование". М., "Наука", 1977 г.

Рассмотрены микроморфологические признаки в пустынных почвах и их значение при изучении генезиса почв.

Осуществлен опыт классификации форм карбонатов, гипса и свойств тонко-дисперсной массы (плазмы) на основе микроскопических наблюдений. Приведена микроморфологическая характеристика сероземов, лёссов, серо-бурых, такыровидных почв и такыров, а также - серо-коричневых почв.

Табл. 3, библиогр. 24 назв.

УДК 631.42

Опыт использования подземных вод для орошения в восточных районах Карагандинской области. Л.И. Степанец, В.Ф. Напреев, Р.А. Губайдулин. В сб. "Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование", М., "Наука", 1977 г.

В восточные районы Карагандинской области подача иртышской воды не планируется, а массивы земель, пригодные для орошения, имеются. Рекомендуется поэтому использование подземных вод, запасы которых превышают ранее разведанные в 2-2,5 раза. Рассматривается опыт орошения кормовых культур и приводятся данные по их урожайности. Использование подземных вод даст возможность оросить до 17-20 тыс. га и успешно решить проблемы создания кормовой базы для животноводства в восточных районах Карагандинской области.

АРИДНЫЕ ПОЧВЫ, ИХ ГЕНЕЗИС,
ГЕОХИМИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Утверждено к печати Научным советом
по проблемам почвоведения и мелиорации почв
Института агрохимии и почвоведения АН СССР

Редактор издательства М.Е. Анцелович
Художник С.А. Смирнова
Художественный редактор Н.Н. Власик
Технические редакторы Н.М. Бурова, Н.А. Посканная

---

Подписано к печати 24/III -77 г. Т - 03379
Усл. печ.л. 16,8 + 0,3 вкл. Уч.-изд.л. 19,1
Формат 60x90 1/16. Бумага офсетная № 1
Тираж 900 экз. Тип. зак. 1824 Цена 1 р. 96 к.

---

Книга издана офсетным способом

Издательство "Наука",
103717 ГСП, Москва, К-62, Подсосенский пер., 21
1-я типография издательства "Наука",
199034, Ленинград, В-34, 9-я линия, 12

2526

1 р. 96 к.