

К. Д. ГЛИНКА

---

МИНЕРАЛОГИЯ  
ГЕНЕЗИС  
И ГЕОГРАФИЯ  
ПОЧВ



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ АГРОХИМИИ И ПОЧВОВЕДЕНИЯ  
ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО ПОЧВОВЕДОВ

5401531

К. Д. ГЛИНКА

МИНЕРАЛОГИЯ,  
ГЕНЕЗИС  
И ГЕОГРАФИЯ  
ПОЧВ

2597



---

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
МОСКВА  
1978



УДК 631.4

Глинка К. Д. Минералогия, генезис и география почв. М., «Наука», 1978.

В книге публикуются результаты исследований выдающегося советского почвовед-академика К. Д. Глинки в области процессов выветривания и почвообразования, положившие начало учению о минералогии коры выветривания и почв. В ней помещены работы ученого о сущности подзолистого и болотного процессов почвообразования, генезисе солонцов и географии почв Азии, сохранившие актуальность и поныне и восстанавливающие приоритет русских ученых в ряде дискуссионных вопросов современного почвоведения.

Редакционная коллегия

М. И. ГЕРАСИМОВА, М. А. ГЛАЗОВСКАЯ (ответственный редактор),  
Н. П. ИЛЬИН, Ю. А. ЛИВЕРОВСКИЙ (ответственный редактор)

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Константин Дмитриевич Глинка — крупнейший русский почвовед, соратник и ученик В. В. Докучаева, оставил обширное научное наследство в области минералогии, генезиса и географии почв. Многие из этих работ, имеющих важное методологическое и методическое значение и сохранивших поныне научный интерес, были опубликованы в изданиях, ставших библиографической редкостью. В настоящей книге собраны наиболее ценные для современного читателя (почвовед, минералога, географа) труды этого выдающегося ученого.

Книга состоит из двух разделов. В первом разделе сосредоточены работы К. Д. Глинки в области процессов выветривания и почвообразования. Раздел открывается опубликованной в 1904 г. программной статьей ученого «Задачи исторического почвоведения». В ней рассматривается сущность почвообразования, подчеркивается идея развития почв, их «вечная изменчивость», показывается, как это «вечное движение и невидимые для простого глаза процессы запечатлеваются в видимых формах: в цвете, структуре, строении почв, отражаются на внутренних изменениях строения вещества, различимых с помощью микроскопа и химического анализа» (стр. 26 настоящей книги). Направление процессов, в свою очередь, определяется факторами почвообразования. Глинка впервые говорит в этой работе о тесно связанной триаде: факторы почвообразования — почвенные процессы — свойства почв — формуле, получившей развитие в трудах современных почвоведов. Именно эта связь и позволяет, как пишет Глинка, использовать ископаемые почвы для палеогеографических реконструкций и в особенности реконструкций климатических условий прошлого. Он говорит о возможных ошибках и пределах применения принципа актуализма. Наряду с понятием «ископаемые почвы» Глинка вводит новое понятие «древние почвы» и говорит о необходимости и важности изучения реликтовых признаков в современных почвенных профилях.

Эта работа свидетельствует о том, что К. Д. Глинка был основоположником палеопочвоведения, он сформулировал основные проблемы и методы этой области науки, привлекающей в настоящее время большое внимание и почвоведов, и палеогеографов.

Незадолго до названной выше работы была напечатана в журнале «Почвоведение» (1903, № 3) вторая помещенная в этой книге статья Глинки «Латериты и красноземы тропических и субтропических широт и родственные им почвы умеренных широт».

В ней автор также развивает идею изменчивости почв во времени, показывает необходимость анализа смены климатов и растительных формаций при рассмотрении почв тропических лесов, саванн и пустынь. Все эти вопросы волнуют и по настоящее время почвоведов и географов, изучающих почвы и ландшафты тропиков. Уже в этой работе Глинка говорит о необходимости учета времени и стадийности процессов образования латеритных почв и активной роли органических веществ в процессах латеритизации и дальнейшего превращения латеритных почв при смене климатических условий в другие почвы (подзолистые, болотные, красноцветные тропических пустынь).

Надо заметить, что в этой работе (и в последующей) термины «латеритизация», «латеритные почвы» К. Д. Глинка употребляет в старом, более широком значении, чем это принято в настоящее время. Сейчас чаще используются для обозначения соответствующих явлений и объектов термины «ферраллитизация», «ферраллитные почвы», «ферраллитные коры выветривания». Термин «латериты» применяется более ограничено для обозначения сильножелезистых плотных горизонтов внутри толщ коры выветривания или почв. Однако это никак не умаляет значения выводов автора о генезисе и свойствах этих образований и не лишает актуальности намеченных Глинкой еще в начале века задач, которые возникают при изучении тропических и субтропических почв. Одна из задач, поставленных Глинкой,— изучение условий и форм миграции кремнезема в корках выветривания, исследование роли органических веществ в растворении и выносе кремнезема — сохранила свою актуальность и поныне.

Глинка обобщил имевшиеся к тому времени материалы о химическом и минералогическом составе латеритов и красоземов. «Но,— пишет ученый,— одной характеристики, конечно, недостаточно, необходимо еще и объяснить, каким способом происходит этот тип выветривания» (стр. 55 настоящей книги).

Детальному изучению процессов выветривания посвящена следующая помещенная в книге фундаментальная работа К. Д. Глинка «Исследования в области процессов выветривания», опубликованная в 1906 г. На основании собственных исследований и обобщения большого литературного материала, касающегося процессов выветривания алюмо- и феррисиликатов изверженных пород, Глинка доказывает стадийность в превращениях этих минералов при процессах выветривания, образование ряда промежуточных соединений, имеющих характер кислых солей, и превращение последних в каолинит или галлуазит — минералы, устойчивые в коре выветривания. Он тщательно прослеживает судьбу освобождающихся при этих процессах полуторных окислов, щелочных и щелочноземельных металлов и кремнезема, показывает влияние климатических и окислительно-восстановительных условий на накопление или вынос вторичных продуктов выветривания из толщи коры; неоднократно подчеркивает влияние органических ве-

ществ в процессах выветривания. Он доказывает необоснованность существовавшего в те времена представления о накоплении в почвах цеолитов.

Методы и результаты этого исследования положили начало систематическому изучению минералогии коры выветривания и почв.

В следующей статье «О древних процессах выветривания в Приамурье» (1911) Глинка продолжает развивать высказанные ранее идеи об информативности древних продуктов выветривания и почвообразования для восстановления климатов прошлого, показывает на примере Приамурья плодотворность применения методов палеопочвоведения и говорит о некоторых преимуществах этих методов по сравнению с анализом ископаемой флоры и фауны.

Статья «К вопросу о различии подзолистого и болотного типов выветривания» (1911) интересна в методическом отношении; в ней рассматриваются процессы внутрипочвенного выветривания массивно-кристаллических пород, доказывается положение, высказанное им ранее, о том, что генетические горизонты почв характеризуются различными стадиями и направлением выветривания, подчеркивается необходимость при исследовании генезиса различных почв, в частности болотных, в качестве объектов брать прежде всего почвы, развивающиеся на массивно-кристаллических породах.

Последняя статья, помещенная в первом разделе книги, — «Деградация и подзолистый процесс» (1924) — интересна не только тем, что в ней рассматриваются процессы деградации супесчаных черноземов лесостепи, но и делаются более общие выводы о сущности этих процессов и различных стадиях их развития (стадия выщелачивания карбонатов, перехода гумусовых веществ в подвижное состояние и их вымывание вместе с суспензиями глинистых минералов и полуторными окислами в иллювиальный горизонт). Таким образом, в этой работе Глинка рассматривает процессы, получившие много позднее (в работах французских почвоведов) название «лессиважа».

Во втором разделе книги помещен ряд почвенно-географических работ К. Д. Глинки, опубликованных в середине 20-х годов. Основанием для них послужили материалы экспедиций Переселенческого управления, проводившихся в период 1908—1915 гг. Глинка был организатором и руководителем этих работ.

Раздел открывает «Очерк почв Якутии» (1927). В нем Глинка дает краткое описание почв и почвенного покрова этой своеобразной экстраконтинентальной области с широким распространением солончаков и солонцов.

Рассматривая подзолистые почвы с резко дифференцированным профилем под лесной растительностью Якутской котловины, Глинка пишет: «Морфология деградированной почвы говорит скорее о том, что процесс протекал здесь не в кислой, а в щелочной среде, т. е. совершался не процесс подзолообразования, а иной, не совсем удачно именуемый «осолодением» (стр. 175 настоящей

книги). Чтобы отличить эти почвы от собственно подзолистых, Глинка в предлагаемой классификации почв Якутии выделил их в особый тип «лесных подзолистых почв» (с карбонатным горизонтом или без него). Таким образом, публикация этой работы восстанавливает приоритет Глинки в объяснении генезиса почв лиственничной тайги Якутии.

В работе «Солонцы и солончаки Азиатской части СССР» (1926) Глинка рассматривает особенности проявления процессов засоления и осолонцевания почв в различных ландшафтных зонах. Последовательный географо-генетический анализ этих процессов позволяет ему выдвинуть новую для того времени гипотезу образования солонцеватых почв и солонцов без обязательной предварительной стадии солончаковой почвы грунтового увлажнения. Он связывает образование солонцовых почв с определенными условиями климата и почвообразующими породами, в которых имеется некоторое количество солей натрия. Глинка говорит о возможности постепенного осолонцевания почв при периодическом многократном подъеме содержащих натрий почвенных растворов к поверхности и о последующем, во влажные сезоны, вымывании избытка этих солей.

Глинка рассматривает в этой работе также условия и процессы деградации солонцов и формирования «подзоловидных» (осолоделых) почв, а на определенных стадиях деградации, при поселении лесной растительности, — и вторичных подзолов.

В заключение книги приводится очерк почв территории Казахстана (в то время Киргизской республики). Это результат обобщения работ многих экспедиций Переселенческого управления, позволивший дать общую картину географии почв этой обширной территории.

При подготовке настоящей книги к опубликованию редакционная коллегия руководствовалась, таким образом, современным научным и практическим значением работ ученого, необходимостью восстановления его приоритета в ряде научных положений и открытий.

Текст ряда статей сохранен полностью. В сокращенном виде публикуется работа «Исследования в области процессов выветривания»: в ней опущены главы, касающиеся обзора литературы XIX в. о выветривании, и устаревшие структурные формулы минералов. Полностью сохранены оригинальные исследования самого автора.

В географических очерках редакционная комиссия сочла возможным сократить некоторую часть таблиц с анализами, так как многие из них охватывают не весь почвенный профиль или представляются устаревшими.

В тексте сохранены географические названия, как они даны автором.

Библиография, приведенная в большинстве работ К. Д. Глинки в виде подстрочных ссылок, дана в конце книги в виде единого перечня ко всем работам в целом.

М. А. Глазовская

## ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ К. Д. ГЛИНКИ

Константин Дмитриевич Глинка — выдающийся ученый, значение исследований и научно-организационной деятельности которого трудно переоценить. К сожалению, до настоящего времени отсутствует достаточно полная биография Константина Дмитриевича. Основные биографические сведения о К. Д. Глинке можно найти в статьях Б. Б. Полюнова, Л. В. Тихеевой, С. А. Захарова, С. С. Неуструева, Л. И. Прасолова, Ю. А. Ливеровского\*.

К. Д. Глинка был первым академиком почвоведом в Академии наук СССР, первым директором первого в нашей стране Почвенного института АН СССР. После Великой Октябрьской социалистической революции Глинка был первым директором двух новых сельскохозяйственных вузов (Ленинградского и Воронежского). Глинка был автором первого курса «Почвоведения», в основу которого положены идеи докучаевского генетического почвоведения.

Научное творчество К. Д. Глинки чрезвычайно многогранно, оно охватывает многие важные теоретические и практические вопросы почвоведения. При этом в ряде случаев представления Глинки положили начало новым направлениям в науке о почве.

Константин Дмитриевич Глинка родился в 1867 г. в с. Коптево Духовщинского района Смоленской области. В 1883 г. он окончил физико-математический факультет Петербургского университета, специализировавшись по минералогии.

Однако еще в студенческие годы Глинка заинтересовался почвоведением под влиянием своего непосредственного учителя В. В. Докучаева. Первая работа Глинки, напечатанная в 1889 г. в «Материалах по изучению русских почв», была посвящена лес-

\* *Полюнов Б. Б.* Памяти К. Д. Глинки. — «Зап. Ленинград. с.-х. ин-та», 1925, т. 2. *Полюнов Б. Б.* Работы К. Д. Глинки в области изучения процессов выветривания. — «Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», 1930, вып. 3—4. *Тихеева Л. В.* К. Д. Глинка — профессор кафедры почвоведения ЛСХИ. — В кн.: Памяти К. Д. Глинки. Л., 1928. *Захаров С. А.* Научная деятельность К. Д. Глинки. — «Труды Кубанского с.-х. ин-та», т. 6. Краснодар, 1929. *Неуструев С. С.* Идея академика К. Д. Глинки о генезисе и классификации почв. — «Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», 1930, вып. 3—4. *Прасолов Л. И.* К. Д. Глинка в азиатских почвенных исследованиях. — «Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», 1930, вып. 3—4. *Ливеровский Ю. А.* Творческий путь академика К. Д. Глинки. — «Почвоведение», 1948, № 6; 1968, № 5.

ным почвам. К началу творческого пути Глинки великий Докучаев только еще закладывал основы своего учения. В год окончания Глинкой университета (1883) вышла по существу первая из серии основных почвенных работ Докучаева — знаменитая монография «Русский чернозем». Несомненно, что творческое сотрудничество Глинки и Докучаева и первые исследования Глинки в этой области способствовали развитию докучаевских идей в почвоведении. В числе этих исследований необходимо упомянуть проведенные Глинкой под руководством Докучаева почвенные исследования в б. Полтавской губернии, в Каменной степи б. Воронежской губернии.

С самого начала своей научной деятельности К. Д. Глинка параллельно с почвенными исследованиями проводил геологические и минералогические работы. С 1889 по 1894 г. он был доцентом кафедры минералогии С.-Петербургского университета. Магистерская диссертация Глинки («Глауконит», 1896 г.) и докторская диссертация («Исследования в области процессов выветривания», 1906) относятся к области минералогии и геохимии. Уже после магистерской диссертации Глинка в возрасте всего 28 лет получил широкую известность как минералог. С 1895 г. он стал адъюнкт-профессором по минералогии и геологии в Ново-Александрийском институте сельского хозяйства и лесоводства\*.

В 1900 г. в русском докучаевском направлении наступил критический момент. Тяжелое заболевание оторвало Докучаева от научной работы; скончался Н. М. Сибирцев, занимавший тогда единственную в России кафедру почвоведения в Ново-Александрийском институте. К. Д. Глинка после больших колебаний, чтобы сохранить на кафедре докучаевское направление, сменил спокойную и почетную кафедру минералогии и геологии на боевую кафедру далеко еще не общепризнанной молодой науки почвоведения, которой он заведовал с 1901 по 1911 г. С этого момента К. Д. Глинка становится главой русского, а позднее советского докучаевского почвоведения.

Огромные научные и организационные задачи сразу встали перед К. Д. Глинкой. Их успешное разрешение в немалой степени связано с высоким научным дарованием, широким диапазоном творческой деятельности, колоссальной эрудицией и организационными способностями Глинки.

Общеизвестно значение К. Д. Глинки в распространении идей и достижений докучаевского почвоведения за рубежом. Именно благодаря работам и организационной деятельности Глинки русское советское почвоведение получило заслуженное ведущее положение в науке, огромный авторитет и всеобщее признание. Западно-европейские ученые впервые ознакомились с практическими методами докучаевского почвоведения в 1900 г., когда венгерский

\* В настоящее время Институт агротехники, удобрений и почвоведения в Пулавах (ПНР).

геологический комитет командировал двух почвоведов-геологов Трейца и Гимко в Ново-Александрю к Глинке.

Впоследствии Трейц писал, что поездка в Россию и экскурсии под руководством русских ученых почвоведов совершенно изменили его почвенные взгляды. В дальнейшем к Глинке командировался ряд западноевропейских ученых (бельгиец Бату, венгр акад. Тучет и др.). Вскоре влияние русского почвоведения настолько выросло, что известный румынский почвовед проф. Мургочи заявил: «В области почвоведения — *ex oriente lux*» (свет с востока).

Крупное значение для распространения докучаевских идей имела 1-я Международная агрогеологическая конференция, созванная в 1909 г. в Будапеште, где центральное место занимал доклад К. Д. Глинки «О почвенных зонах и почвенных типах Европейской и Азиатской России». В 1914 г. была переведена на немецкий язык книга Глинки «Почвоведение» («Die Typen der Bodenbildung»), сыгравшая историческое значение в деле пропаганды идей русской докучаевской школы.

Подлинным триумфом русского советского почвоведения ознаменовался I Международный почвенный конгресс, проведенный в Вашингтоне в 1927 г. Книга К. Д. Глинки «Почвоведение» была переведена Марбутом на английский язык («Great soil groups of the world»). Эта книга находилась на выставке на особом столе. По свидетельству Марбута, она оказала решающее влияние на американское почвоведение. Признание ведущей роли русского советского почвоведения выразилось в избрании К. Д. Глинки Президентом конгресса.

В течение всей своей жизни К. Д. Глинка совмещал научную работу с активной педагогической деятельностью: с 1911 по 1913 г. — он профессор Высших женских курсов в Петербурге, с 1913 по 1922 г. — ректор Воронежского сельскохозяйственного института, с 1922 по 1927 г. — директор Ленинградского сельскохозяйственного института и одновременно заведующий почвенным отделом в Институте опытной агрономии.

В 1927 г. К. Д. Глинка был избран действительным членом Академии наук СССР и назначен директором Почвенного института им. В. В. Докучаева.

В 1927 г. неожиданно прервался жизненный путь Константина Дмитриевича Глинки, находившегося в расцвете творческих сил, научных замыслов.

Охарактеризуем кратко основные направления научных исследований К. Д. Глинки.

К. Д. Глинка впервые установил стадийность в процессах выветривания и превращения первичных минералов во вторичные. В общей форме схема данного процесса представлялась ему как постепенное замещение металла основания водородом при действии воды на силикаты и алюмосиликаты. Процесс этот сопровождается образованием все более кислых солей и в большинстве случаев заканчивается образованием свободной кремнеглиноземистой

кислоты. К. Д. Глинка отмечает (1906), что в некоторых случаях распад продолжается дальше, причем свободные кремнеглиноземистые кислоты (например, каолинит) разлагаются на кремнезем, уходящий из продуктов выветривания, и остающийся на месте гидрат глинозема. Позднее Ф. Ю. Левинсон-Лессинг\* отмечал, что самым интересным и важным в работах К. Д. Глинки именно и является установление существования особых промежуточных продуктов выветривания типа кислых солей. Работы Глинки были выполнены задолго до исследований Н. С. Курнакова и его учеников, также установивших наличие промежуточных продуктов выветривания, названных позднее А. Е. Ферманом «мутабильными соединениями». Вместе с тем Глинка не отрицал возможности образования вторичных минералов синтетическим путем. В докторской диссертации (1906) он писал, что при выветривании наряду с распадом идут и процессы новообразования, иногда довольно сложные, причем продукты этих последних то приурочиваются к зоне выветривания, то располагаются в более глубоко лежащих зонах.

Стадийность процессов выветривания, установленная К. Д. Глинкой, получила вскоре широкое признание как в нашей стране, так и за рубежом.

Как известно, сейчас существуют две равноправные точки зрения на механизм выветривания.

Ряд исследователей считает, что образование вторичных коллоидно-дисперсных минералов происходит только через промежуточную стадию распада первичных минералов до конечных продуктов и перехода последних в раствор (истинный или коллоидальный).

Вторая точка зрения, сформулированная К. Д. Глинкой, согласно которой, выветривание минералов является результатом их преобразования в твердом состоянии, отнюдь не опровергнута. Правильность ее доказывается наличием различных псевдоморфоз вторичных минералов по первичным, в том числе тех, которые изучал Глинка: каолинита по слюде и полевому шпату и др.

Если работы К. Д. Глинки, выясняющие механизм выветривания, получили всемирную известность, то другие выводы из его выдающихся исследований долго оставались недооцененными.

Уже в самых ранних работах К. Д. Глинки постепенно кристаллизуется представление о тесной связи почвообразования с выветриванием или, лучше сказать, с гипергенно-геохимическими процессами, преобразующими верхнюю часть литосферы. Эту идею Глинка разрабатывал в двух аспектах. Исследования в первом из них сделали Глинку основоположником генетической почвенной минералогии. Так, в работе «Петрографический характер

---

\* Левинсон-Лессинг Ф. Ю. К. Д. Глинка.— «Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», 1930, вып. 3—4.

новорожевских и великолукских почв» (1898) были впервые сформулированы теоретические основы и практические задачи минералогии почв. Как писал К. Д. Глинка, для того чтобы яснее представить сущность тех химических процессов, которые происходят в неорганической минеральной составляющей части почв, необходимо ближе ознакомиться с минералогическим характером почвы, узнать, какие минералы слагают ту или иную почву, каким изменениям подвергаются эти минералы и каковы продукты этих изменений.

Практическое значение изучения минералогического состава почв, по К. Д. Глинке, заключается в определении богатства почв минеральными веществами и их способности переходить при выветривании в подвижное, доступное растениям состояние. Поэтому изучение минералогии почв он считал весьма существенным для их агропроизводственной оценки.

Последней минералогической работой К. Д. Глинки было исследование петрографического состава почв южной части б. Воронежской губернии (1927). В ней он делает общий вывод о чрезвычайной важности сопряженного изучения «поверхностных пород и почв», которое часто позволяет решить неразгаданные вопросы генезиса тех и других.

Уже в начальный период своих исследований К. Д. Глинка пришел к выводу о том, что выветривание является не чисто химическим, а биохимическим процессом. Он писал по этому поводу: «Немного найдется на земной поверхности участков, где бы процессы выветривания совершались без влияния органических веществ, слагающих гумус» («Исследования в области процессов выветривания», 1906, стр. 19). С полной ясностью это положение развернуто в курсе «Почвоведения» К. Д. Глинки, выдержавшем несколько изданий, в котором специальные разделы посвящены характеристике роли растений в процессах выветривания и действию гумусовых веществ на минералы и горные породы.

Приоритет К. Д. Глинки в развитии представления о биохимическом выветривании безусловен, но его обычно приписывают другим ученым. Точно так же не отмечен до настоящего времени приоритет Константина Дмитриевича в области развития и конкретизации общей идеи В. В. Докучаева о зональности процессов выветривания. А между тем именно Глинка впервые показал специфические зональные особенности гипергенеза.

К. Д. Глинка еще в 1898 г., изучая минералогический состав псковских почв, выявил у них своеобразие внутрипочвенного выветривания, которое, по его мнению, связано с относительно северными условиями развития. Он установил, что в процессе выветривания крупнозернистой фракции последняя частично подвергается механическому измельчению, а частично — химическому разложению. Продукты окончательного разложения, облекая мельчайшие частицы минералов, будут их до некоторой степени изолировать от влияния факторов выветривания. В результате

этого мелкие частицы, защищенные пленкой, будут выветриваться значительно медленнее крупных частиц.

Подобного рода процессы в более резком проявлении обнаружены и изучены в настоящее время в различных районах Сибири и Дальнего Востока. В частности, к этому типу выветривания относится феррсиаллитная кора выветривания с ее своеобразными почвами, описанная В. О. Таргульяном (1971) \*.

В статьях К. Д. Глинки, посвященных латеритам и красноземам (1903), а несколько позднее (1904 г.) итогам изучения чаквинских кор выветривания и почв, автор почти на четверть века опережает получившие мировую известность работы Гаррасовица.

В упомянутых статьях К. Д. Глинки совершенно точно охарактеризована ферраллитная кора выветривания и ее свойства, хотя автор и не употреблял этого термина. Он указывал на ее отличия от сиаллитных «псковских кор выветривания». Окончательно представление о зональности процессов внутрипочвенного выветривания было сформулировано им несколько позднее: вторичные минералы неодинаковы в почвах различных климатических областей даже тогда, когда одинаковы первичные минералы.

Только будучи ученым чрезвычайно широкого профиля — выдающимся почвоведом, географом, химиком, минералогом, Константин Дмитриевич смог внести свой огромный вклад в познание генезиса почв и их классификацию.

Обращаясь к исследованиям К. Д. Глинки в области генезиса почв, прежде всего надо остановиться на работе, посвященной солончакам и солонцам Азиатской части СССР (1926). Это выдающееся исследование является крупнейшим вкладом в географию почв СССР. Но не меньшее значение имеет почвенно-генетическая сторона работы Глинки. В период, когда в науке господствовала теория происхождения солонцов К. К. Гедройца, К. Д. Глинка высказал и обосновал свою совершенно оригинальную теорию их образования. Глинка не отрицал теории Гедройца, считавшего, что натриевые солончаки являются предшествующей стадией солонца, но, по его мнению, такие случаи «не могут быть возведены в общее правило» (стр. 52). Он писал: «Формирование солонцов требует двух фаз: поднятия натровых солей к поверхности и насыщения таким образом гумуса почвы ионом натрия, и последующего удаления с помощью промывания хлора и серной кислоты. Идущее веками чередование этих процессов приводит к образованию солонца» (стр. 59). Одновременно он выразил сомнение в правильности представления Гедройца о том, что из нейтральных натриевых солей наиболее активным является хлористый натрий. По его мнению, роль сернокислого натрия значительнее.

\* Таргульян В. О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М., «Наука», 1971.

Изучая почвенный покров б. Донской области, К. Д. Глинка установил наличие рассоления солончаков без превращения их в солонцы. В 1927 г. он дал такое объяснение подобной эволюции: среди солей, доставляемых в верхние горизонты почв грунтовыми водами, натрий не играл первенствующей роли, а подавался вместе с солями кальция и магния, а при таких условиях поглощающий комплекс почв мог быть в значительной степени насыщен двухвалентными катионами. Дальнейшие исследования ряда авторов действительно показали, что возможность осолонцевания имеется лишь при определенном отношении в растворах натрия к кальцию.

В течение десятилетий теория образования солонцов, по К. Д. Глинке, не была оценена и не нашла отражения во многих монографических обобщениях, посвященных генезису солонцов. Не вошла она и в учебники «Почвоведения». Между тем, взгляд Глинки на образование в природе солонцов в результате попеременно идущего чередования засоления и рассоления, начиная с конца 40-х и начала 50-х годов, находил все большее подтверждение и признание.

Последним, частным вопросом в проблеме засоленных почв, в отношении которого приоритет К. Д. Глинки еще не восстановлен, является вопрос о происхождении солей, вызывающих осолонцевание почв.

В статье, помещенной в «Полной энциклопедии русского сельского хозяйства» (1905 г.), К. Д. Глинка отмечал, что наиболее общей причиной появления и накопления солей в почвах надо считать процессы выветривания и процессы переноса солей. Одновременно Глинка указывал на значение биогенного накопления солей: «Большую роль в образовании легкорастворимых соединений играют и продукты распада органических остатков» (стр. 11). Он подчеркивает также значение климата и, в частности, степени увлажнения в аккумуляции и переносе солей. Далее Глинка весьма подробно рассматривает возможность образования соды путем биохимических процессов. Им была развита теория, согласно которой, образование соды происходит в анаэробных условиях при наличии органического вещества путем восстановления сернокислых солей сульфат-редуцирующими бактериями в сульфат натрия. В результате гидролиза последнего, в присутствии органического вещества, воды с растворенной в ней углекислотой и образуется сода. Ход образования соды выражен им химическими формулами.

Несомненно, Константин Дмитриевич в теории биогеохимического соленакопления шел впереди существующих представлений на 40—50 лет. Вероятно поэтому его теория не получила резонанса в момент ее опубликования.

Весьма существен вклад К. Д. Глинки в изучение генезиса красноземов. Особое значение имеют результаты изучения им красноземов в районе Чаквы (1904). На основании конкретных

данных по минералогическому и химическому составу изучавшихся объектов Константин Дмитриевич считал, что выявленные им особенности «сближают чаквинский тип выветривания с субтропическим, представляющим в свою очередь ослабленный тип латеритного выветривания. Поэтому чаквинские почвы не могут быть отнесены к латеритам в строгом смысле, а должны быть причислены к группе красноземов влажных субтропических районов» (стр. 63).

В статье, посвященной древним процессам выветривания в Приамурье (1911), возможность изменения характера красноземообразования и развития подзолообразования допускается им лишь в результате изменения биоклиматических условий. Со времени исследований К. Д. Глинки многими зарубежными и советскими исследователями получены обширные материалы, характеризующие красноземы. Однако по сравнению с данными Глинки в них нет принципиально нового по основным вопросам генезиса этих почв.

Большой вклад внес К. Д. Глинка и в разработку теории подзолообразовательного процесса. Задолго до западноевропейских исследователей он («Деградация и подзолистый процесс», 1924) отмечал возможность выноса тонких минеральных суспензий из поверхностных горизонтов подзолистых почв под защитой золь гумуса и отложения этих суспензий в иллювиальном горизонте. Как известно, в 50-х годах во Франции этот процесс получил название «лессиваж».

Константин Дмитриевич считал также, что выделения кремнеземистой присыпки — не вторичная кремнекислота, а зерна кварца, остающиеся после отмывания с их поверхности коллоидальных пленок.

К. Д. Глинка первый отметил также некоторые существенные различия между элювиально-глеевым и элювиальным процессом при подзолообразовании (1911). Рассмотрение этого вопроса позволило ему прийти к выводу, что при болотном процессе в отличие от подзолистого происходит обогащение элювиального горизонта не только кремнеземом, но и глиноземом.

В заключение напомним о его исследованиях воронежских черноземов. Отметим, кстати, что еще в 1916 г. К. Д. Глинка выделил особые мощные черноземы, формирующиеся на водоразделах, в условиях близкого залегания грунтовых вод (не глубже 5 — 6 м). Связь этих почв с грунтовыми водами определяет развитие оглеения в нижней части профиля. К. Д. Глинка подчеркивал большое своеобразие этих почв, хотя и не употреблял для них позднее принятого названия «лугово-черноземные почвы».

Весьма существенны исследования К. Д. Глинки, обосновавшие выделение особого типа бурых полупустынных почв и их обособление от сероземов.

Л. И. Прасолов справедливо отметил, что начало почвенно-ботанических экспедиций Переселенческого управления в Сибирь

и Среднюю Азию, руководителем которых был К. Д. Глинка, явилось важным этапом в истории отечественного почвоведения. Эти работы имели огромное значение не только для географии почв и географии растительности. В результате этих экспедиций были открыты совершенно новые географические ландшафты с ранее неизвестными почвенными типами. Вместе с тем работы сибирских экспедиций имели большое практическое значение, так как характеризовали земельные фонды новых районов сельскохозяйственного освоения.

В соответствии с основными теоретическими положениями докучаевской генетической школы К. Д. Глинка последовательно придерживался эволюционной точки зрения на развитие почв. В работе «Задачи исторического почвоведения» (Варшава, 1904) он писал о почве: «Эта тонкая пленка (по сравнению с литосферой.— Ю. Л.) живет, сама постоянно изменяясь, каждая ее частица находится в вечном движении» (стр. 1). «Из года в год совершается это вечное движение и невидимые для простого глаза изменения запечатлеваются в видимых формах: в цвете, структуре, строении почв, отражаясь на внутренних изменениях строения вещества, различимых с помощью микроскопа и химического анализа» (стр. 2).

Непосредственным выводом из представления об эволюции почв, а также их взаимосвязи с другими компонентами географического ландшафта было создание особого раздела почвоведения — палеопедологии, или исторического почвоведения, родоначальником которого является К. Д. Глинка.

Константин Дмитриевич показал, что погребение почв, прерывающее их развитие в связи с геологическими циклами, дает возможность путем сравнительного анализа этих почв с современными восстановить былые физико-географические условия. Кроме того, он отметил возможность сохранения в современных почвах древних (реликтовых) свойств при непрерывности процесса почвообразования, а следовательно, большое палеогеографическое значение изучения этих реликтовых признаков.

С. С. Неуструев говорил о К. Д. Глинке: «Он перед нами встает как геолог, минералог, химик, географ и даже не чуждается ботаники и геологии вообще» (1930). И это неудивительно. К. Д. Глинка как ученый и организатор был достойным преемником В. В. Докучаева, он вместе с другими его учениками и последователями построил школу русского советского почвоведения — молодой и плодотворной отрасли естествознания.

Ю. А. Ливеровский

## ТРУДЫ К. Д. ГЛИНКИ \*

1889 г.

О лесных почвах.— В кн.: Материалы по изучению русских почв, вып. V. СПб.

1891 г.

Роменский уезд.— В кн.: Материалы к оценке земель Полтавской губернии, вып. 4. СПб. Соавт.: В. В. Докучаев.

1892 г.

Лохвицкий уезд.— В кн.: Материалы к оценке земель Полтавской губернии, вып. 12. СПб. Соавт.: В. В. Докучаев.

1893 г.

Об артезианской скважине г. Смоленска.— «Труды СПб. об-ва естествоиспыт., отд. геол.», т. XXII, вып. 2.

О ледниковых и послеледниковых образованиях и грушевых водах Каменной степи Бобровского уезда Воронежской губернии.— «Труды СПб. об-ва естествоиспыт., отд. геол.», т. XXII, вып. 2.

Степное лесоразведение в связи с вопросом о заселении русских степей, преимущественно травянистой растительностью.— В кн.: Материалы по изучению русских почв, вып. VIII. СПб.

1894 г.

Геологический характер почв Полтавской губернии.— В кн.: Материалы к оценке земель Полтавской губернии, вып. 16. СПб.

---

\* При составлении списка научных трудов К. Д. Глинки использованы следующие справочники: Ежегодник по геологии и минералогии России. Систематический указатель литературы за 1897—1903 гг., 1905—1906 гг., 1912 г. Ново-Александрия, 1913; *Отоцкий П. В.* Журнал «Почвоведение» за 1-е десятилетие (1899—1908 гг.). СПб., 1909; *Он же.* Литература по русскому почвоведению с 1765 по 1896 г. СПб. Вольное эконо. об-во, 1898; Русская геологическая библиотека. Под ред. С. Никитина. Указатель литературы с 1885 по 1901 г., т. I—XVII; Каталог Государственной библиотеки СССР им. В. И. Ленина; *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* К. Д. Глинка.— «Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», 1930, вып. 3—4.

Хреновский участок.— «Труды Особой экспедиции Лесного Департамента, т. I. Орогидрография, геология, почвы и грунто-вые воды», вып. I. СПб. Соавт.: Н. М. Сибирцев, П. В. Отоцкий.

1895 г.

Почвенно-геологические исследования в Козловском уезде Тамбовской губернии.— В кн.: Материалы по изучению русских почв, вып. 9. СПб.

О новом двойниковом срастании у гипса.— «Труды СПб. об-ва естествоиспыт., отд. геол.», т. XXIII.

К вопросу о выветривании глауконита.— «Ежегодник по геол. и минерал. России», т. I, вып. 1.

К вопросу о происхождении глауконита. Предв. сообщение.— «Протокол СПб. об-ва естествоиспыт.», № 8.

Наставление к собиранию коллекции по минералогии и геологии.— В кн.: Приложение к IX тому Записок Ново-Александрийского ин-та сельского хозяйства и лесоводства. Ново-Александрия.

Новые месторождения пироморфита.— «Протокол СПб. об-ва естествоиспыт.», № 6.

1896 г.

Глауконит, его происхождение, химический состав и характер выветривания. СПб.

Геология. Курс лекций. Ново-Александрия.

1897 г.

Анальцим из окрестностей Баку.— «Труды Варшавского об-ва естествоиспыт.», т. VII.

Предварительный отчет о почвенно-геологических исследованиях в Новоржевском и Великолуцком уездах Псковской губернии. Псков.

Железные руды. Обзор литературы за 1896 г.— «Ежегодник по геол. и минерал. России», т. II, ч. 3.

1898 г.

Обзор русской минералогической литературы за 1886 г.— «Ежегодник по геол. и минерал. России», т. III, ч. 3.

Отчет о командировке на VII Международный геологический конгресс.— «Зап. Ново-Александрийского ин-та сельского хоз-ва и лесоводства», т. XI, вып. 2.

Петрографический характер новоржевских и великолуцких почв.— «Зап. Ново-Александрийского ин-та сельского хоз-ва и лесоводства», т. XI, вып. 2. Варшава.

Главнейшие черты в истории развития земного шара и его обитателей.— В кн.: Второй сборник публичных лекций, читанных в Ново-Александрийском институте. Варшава.

Железные руды. Варшава.



76597

О некоторых реакциях алюмосиликатов.— «Зап. СПб. минерал. об-ва, сер. 2», ч. 37.

Новейшие работы по изучению плодородия почв и методов почвенной бонитировки.— «Почвоведение», т. I, № 2.

Предварительный отчет о работах 1898 г. в Псковской губернии.— В кн.: Материалы к оценке земель Псковской губернии. Псков.

О почвенных исследованиях в Псковской губернии.— «Почвоведение», т. 1.

Работы в лаборатории общего земледелия Ново-Александрийского ин-та.— «Почвоведение», № 1.

Лекции по почвоведению в Ново-Александрийском ин-те.— «Почвоведение», № 1.

О минералогическом составе псковских ледниковых глин и о типах выветривания.— «Зап. СПб. минерал. об-ва, сер. 2», ч. 37.

Из летних экскурсий 1898 г.— «Зап. Ново-Александрийского ин-та сельского хоз-ва и лесоводства», т. XII, вып. 1.

К вопросу о водных алюмосиликатах и глинах.— «Зап. Ново-Александрийского ин-та сельского хоз-ва и лесоводства», т. XII, вып. 2.

Новейшие работы по изучению плодородия почв и методов почвенной бонитировки.— «Почвоведение», № 2.

Новоржевский уезд.— В кн.: Материалы к оценке земель Псковской губернии, вып. II. СПб.

Записка о почвенных исследованиях как элементе земельно-оценочных работ. Новгород, 1899.

## 1900 г.

О почвенных исследованиях как элементе земельно-оценочных работ.— «Почвоведение», т. II, кн. 2.

О некоторых реакциях алюмосиликатов. Отдельный отпечаток из журн. «Зап. СПб. минерал. об-ва», ч. XXXVII, вып. 2.

Несколько наблюдений в области послетретичных образований Северо-Западной России.— «Ежегодник по геол. и минерал. России», 1900—1901 гг., т. IV.

Несколько слов о фосфорнокислых соединениях горы Бокувки Келецкой губ.— «Ежегодник по геол. и минерал. России», 1900—1901, т. VI.

Н. М. Сибирцев. Его жизнь и деятельность.— «Почвоведение», т. II, кн. 4. Соавт.: Баранов, Богословский, Фортунатов, Мацкевич, Ферхмин и Отоцкий.

Почвенно-геологические исследования в Псковской губернии.— «Ежегодник по геол. и минерал. России», 1900—1901, т. IV.

Геологическое строение и почва Валдайского уезда. Новгород. Соавт.: С. Федоровский.

По поводу статьи Н. П. Адамова о механическом анализе почвы.— «Почвоведение», № 2.

Предварительный отчет Смоленскому губернскому земству о почвенно-геологических исследованиях Вяземского и Сычевского уездов. Смоленск.

1901 г.

О залежах гипса (алебастра) в Псковском уезде. Псков.

Послетретичные образования и почвы Псковской, Новгородской и Смоленской губерний.— «Ежегодник по геол. и минерал. России», т. V.

Почвенно-геологический очерк Валдайского уезда. Новгород. Соавт.: С. Федоровский.

Предварительный отчет о почвенно-геологическом исследовании Холмского и Торопецкого уездов. Псков.

Послетретичные образования северо-западной России.— В кн.: «Дневник XI съезда русских естествоиспыт. и врачей». СПб.

К вопросу о поглотительной способности почв.— В кн.: «Дневник XI съезда русских естествоиспыт. и врачей». СПб.

Материалы для оценки земель Смоленской губернии. Естественно-историческая часть, т. 1. Вяземский уезд. Псков. Соавт.: М. Ф. Колоколов.

О послетретичных образованиях и почвах северо-западной России.— «Почвоведение», т. III.

1902 г.

Предмет и задачи почвоведения (педологии).— «Почвоведение», № 1.

Несколько страниц из истории теоретического почвоведения.— «Почвоведение», № 2.

Химический характер глин и других алюмосиликатов.— «Зап. Ново-Александрийского ин-та сельского хоз-ва и лесоводства».

1903 г.

Латериты и красноземы тропических и субтропических широт и родственные им почвы умеренных широт.— «Почвоведение», № 3.

Предварительный отчет о почвенно-геологическом исследовании Духовщинского и Гжатского уездов. Смоленск.

Нечто о критических приемах г. Набоких.— «Почвоведение», № 2.

Памяти В. В. Докучаева (Резюме речи).— «Варшавский дневник», № 331.

Почвообразователи и почвообразование, в 3-х частях. Ново-Александрия, 1903—1904.

Образование почвы.— «Полная энциклопедия русского сельского хоз-ва», т. V. СПб. А. Девриен.

Окраска почвы. Организмы в почве. Органическая составная часть почвы. Ортштейн.— Там же, т. IV.

Поглотительная способность почвы. Почва и подпочва. Почвоведение. Почвы: болотистые, латеритные, перегнойно-карбонатные, пойменные, скелетные, сухих степей (полупустынь) и пустынь, серые лесные и тундровые. Проницаемость почвы.— Там же, т. VII.

Связность почвы. Сгущение почвою водяных паров. Скважность почвы.— Там же, т. VIII.

Солонцы.— Там же, т. IX.

1904 г.

Задачи исторического почвоведения. Варшава.

Конечные морены Псковской и Новгородской губерний.— «Ежегодник по геол. и минерал. России».

Исследования в области процессов выветривания. I. Выветривание в Чакве близ Батума.— «Почвоведение», № 4.

1905 г.

Исследования в области процессов выветривания. II. Выветривание биотита.— «Почвоведение», № 1.

Псковская губерния, т. III, вып. 1. Псков.

1906 г.

Исследования в области процессов выветривания. СПб.

Выветривание цеолитов Цха-Цхаро.— «Протоколы Ново-Александрийского кружка любителей естествозн.», № 20.

Отчет о поездке в Киевскую и Волынскую губернии в 1905 г.— «Протоколы Ново-Александрийского кружка любителей естествозн.», № 22.

1908 г.

Почвоведение. СПб.

Схематическая почвенная карта земного шара.— «Ежегодник по геол. и минерал. России».

Инструкция для почвенных исследований. СПб.

К вопросу о минералогическом составе почв и методах его исследования.— «Почвоведение», № 1.

Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России. Пг., 1908—1916.

1909 г.

К вопросу о классификации туркестанских почв. Юрьев.

Материалы по исследованию колонизационных районов Азиатской России.— «Зап. Переселен. управления», т. 4.

1910 г.

Краткая сводка данных о почвах Дальнего Востока. (Предв. отчет). СПб., Изд. Переселенческого управления.

Новейшие течения в почвоведении.— «Почвоведение», № 1.  
Заметка о почвах горных склонов.— «Почвоведение», № 4.

Новейшие течения в области почвоведения.— «Почвоведение», № 1.

Bodenzonen und Bodentypen des Europäisch und Asiatisch Russlands. Budapest.

1911 г.

О так называемых «буроземах».— «Почвоведение», № 1.

К вопросу о различии подзолистого и болотного типа выветривания.— «Почвоведение», № 2.

О древних процессах выветривания в Приамурье.— «Почвоведение», № 3.

1912 г.

К систематике почвенной карты Азиатской России. СПб.

О нарушении общей зональности почв Евразии в Западном Забайкалье и Якутской области.— «Почвоведение», № 4.

Записка об организации Почвенного института и об учреждении кафедр почвоведения в университете.— В кн.: К. Д. Глинка. СПб.

Географические результаты почвенных исследований в Азиатской России.— «Почвоведение», № 1.

Псковская губерния. Псков.

Краткая характеристика почв и растительных зон Азиатской России. СПб. Соавт.: Б. А. Федченко.

1913 г.

Предварительный отчет о почвенных исследованиях, произведенных в 1912 г.— В кн.: Материалы по естественной ист. изуч. Воронежской губернии. СПб. Соавт.: А. М. Панков, К. Ф. Моляревский.

К вопросу об учреждении почвенного отдела Воронежской областной сельскохозяйственной станции. Воронеж.

Материалы по естественнo-историческому изучению Воронежской губернии.— «Серия общедоступных очерков, кн. 1. Воронежское губернское земство». СПб.

Почвообразование, характеристика почвенных типов и география почв. СПб.

1914 г.

Почвенные зоны Азиатской России. Воронеж.

Почвы вдоль линии Тюмень-Омской железной дороги.— «Труды Докучаевск. почв. ком-та». вып. 1. Соавт.: В. П. Горшенин, В. В. Стратонович, А. А. Яковлев.

Карта почвенных зон России.— Атлас Азиатской России. СПб., Изд. Переселен. управления.

Программы почвенных исследований.— В кн.: Сборник программ для исследования Сибири. СПб.

Die Typen der Bodenbildung, ihre Klassifikation und geographische Verbreitung. Berlin.

1915 г.

Почвоведение. 2-е изд. СПб.

1916 г.

Глубокопочвенные гумусовые образования и их генезис.— «Почвоведение», № 1.

1918 г.

Материалы по естественноисторическому исследованию Воронежской губернии. М.

1919 г.

Известь в почвах.— В кн.: Известкование почвы в связи с внесением удобрений. М.

Каолиновые глины Воронежской губ. Воронеж.

1921 г.

Результаты сибирских экспедиций Переселенческого управления бывш. Мин-ва земледелия.

Краткий курс глиноведения. Воронеж.

Краткий популярный курс почвоведения. Воронеж.

Вопросы исторического почвоведения.— Бюлл. 3-го Всерос. съезда почвоведов, № 3—4.

Геология и почвы Воронежской губернии. Воронеж.

1922 г.

Почва, ее свойства и законы распространения. М., «Новая деревня».

1923 г.

Почвы России и прилегающих стран. М.— Пг.

Почвы Киргизской республики. Оренбург.

Почвы. 2-е изд. М.— Л., 1929.

Современное состояние почвоведения в России, его недостатки и потребности.— «Природа», № 1—2.

Почвообразование, характеристика почвенных типов и география почв. 2-е изд. М.

Геология и почвы Воронежской губернии, отд. I, ч. 1. Воронеж.

Петроградский сельскохозяйственный институт, его задачи и способы осуществления. Пг.

Genesis und Geographie der russischen Böden. Petrograd.

1924 г.

Деградация и подзолистый процесс.— «Почвоведение», № 3—4.

Русское почвоведение.— «Зап. Ленингр. с.-х. ин-та», т. I.

Почвенные районы юго-восточной России. Ростов-на-Дону.

Дисперсные системы в почве. Л.

Полезные ископаемые средней части России (Воронежская, Курская, Тамбовская губернии). Изд. АН.

Divers types de formation des sols et la classification de ces derniers. Revue Intern. des Renseignements Agricoles. Rome.

Die Degradations und der podsolige Prozess. Internat. Mitteil. f. Bodenkunde.

1925 г.

Почва, ее свойства и законы распространения. 3-е изд., испр. Приложение к журн. «Вестник знания». Л.

Кислотность почв подстоличного района.— «Зап. Ленингр. с.-х. ин-та», т. II.

Новейшие достижения в области почвоведения в СССР и за границей.— «Изв. Государств. ин-та опытной агрономии», т. IV, № 1—2.

Подготовка агрономов и связь агрономической школы с жизнью.— «Агроном», декабрь.

1926 г.

Солонцы и солончаки Азиатской части СССР (Сибирь и Туркестан). М., «Новая деревня».

Международное совещание почвоведов в Гронингене.— «Научный работник», № 7—8.

Конференция Международного общества почвоведов в Венгрии.— «Почвоведение».

1927 г.

Вода в почве.— «Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», вып. 2.

Очерк почв Якутии.— В кн.: Якутия. Л., Изд-во АН СССР.

Докучаев как создатель русского почвоведения.— «Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», вып. 2.

Почвенный покров в бассейнах рек Грушевки и Аюты Донской области.— «Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», вып. 2.

О петрографическом составе почв южной части Воронежской губернии.— «Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», вып. 2.

Почвоведение. 3-е изд., перераб. М.

Dokuchaiev's ideas in the development of pedology and cognate sciences. Leningrad.

1928 г.

Почвоведение в СССР за последнее десятилетие (с 1917 по 1927 г.) — В кн.: Наука и техника СССР, 1917—1927 гг. М.

1931—1936 гг.

Почвоведение. 4-е изд. М.—Л., 1931; 5-е изд. М.—Л., 1932; 6-е изд. М., 1936.

Кроме перечисленных работ, К. Д. Глинка опубликовал многие десятки рефератов в различных русских и зарубежных изданиях.

Под его редакцией вышли десятки томов почвенных исследований Сибири, Средней Азии, Европейской части России и ряд почвенных карт, в том числе почвенная карта мира.

# ВЫВЕТРИВАНИЕ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ

---

## ЗАДАЧИ ИСТОРИЧЕСКОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ \*

Изучаемая нами часть земной коры составляет приблизительно  $\frac{1}{500}$  земного радиуса; к этой  $\frac{1}{500}$  приурочены все исследования геологов и минералогов, в этой тонкой скорлупе издавна роется человек, добывая рудные металлы, драгоценные камни и другие полезные ископаемые. Но и эта тонкая скорлупа, которую можно сравнить с кожурой крупного яблока, имеет еще поверхностную пленку, толщина которой по отношению к скорлупе по крайней мере в десять раз меньше, чем толщина скорлупы по отношению к земному шару. Несмотря на это, поверхностная пленка является источником жизни земных обитателей: в ней косятся растения, в ней кишат мириады мелких, не видимых для глаза существ, при ее помощи получают пищу животные и человек. В ней все живет и все умирает, чтобы дать жизнь новым поколениям организмов. Эта тонкая пленка, можно сказать, живет сама, постоянно изменяясь; каждая ее частица находится в вечном движении. Эта пленка называется почвой.

В чем же состоит вечная подвижность или, правильнее сказать, вечная изменяемость почвы? Если ближе присмотреться к этой на первый взгляд неподвижной, инертной массе, то будет понятна та сложная и пестрая работа, которая непрерывно совершается в поверхностной пленке земной коры. Вода, водные растворы и водяные пары постоянно движутся по тонким каналам почвенной массы, то спускаясь, то поднимаясь, в зависимости от перемен температуры; по тем же каналам передвигается воздух. Многочисленные растения посылают в почву свои корни на поиски за пищей. Различные животные просверливают в ней норы, облегчая, таким образом, доступ воде и воздуху в более глубокие горизонты. Помогая процессам почвообразования при жизни, все эти организмы способствуют превращению элементов почвы и после своей смерти. Умирая, они дают пищу миллионам бактерий, эти последние развивают ряд новых продуктов, действуя-

---

\* Опубликовано в 1904 г. в Варшаве.

щих на минералы почвы, разлагающих эти последние и создающих новые, весьма разнообразные соединения. Распад сложных соединений готовит пищу для новых растений.

Из года в год совершается это вечное движение и невидимые для простого глаза процессы запечатлеваются в видимых формах: в цвете, структуре, строении почв, отражаются на внутренних изменениях строения вещества, различимых с помощью микроскопа и химического анализа<sup>4</sup>.

Мы можем с полным правом утверждать, что каждый солнечный луч, упавший на земную поверхность, каждая капля дождя, проникшая в почву, каждый находящийся в ней растительный и животный организм — все это участвует и в ее образовании, и в ее вечном круговороте. Поэтому и немудрено, что сложный процесс формирования почвы требует для своего освещения массы разносторонних сведений. Нельзя вполне уяснить себе, почему в данном месте находится такая, а не иная почва, пока неизвестно, какова комбинация климатических факторов этого места, каков режим почвенных вод, какая растительная формация здесь поселилась, какие микроорганизмы здесь живут и как работают, каков характер поверхностной горной породы и пр.

Почва представляет своего рода связующее звено между неорганическим и органическим мирами, наука о почвах есть область, где сближаются и приводятся во взаимную связь работы климатологов, биологов и геологов.

Образование почв представляет лишь один из тех процессов, которые совершаются и совершались на земной поверхности и от которых зависит непрерывное изменение лика Земли. На глазах наблюдателя протекает ряд мирных и грозных явлений, формирующих земной рельеф и строящих земную кору. Ужасные катастрофы, которыми сопровождаются вулканические извержения и землетрясения, уживаются наряду с мирной работой тонких струек дождевой и снеговой воды, стекающих по склонам и медленно создающих новые пласты земной коры. Неподвижные и мертвые на первый взгляд ледники существуют рядом с бурными и шумящими потоками, совместно участвуя в изменении лика Земли. Но не все в природе представляет резкие контрасты. Работа рек и ручьев уже близко стоит к работе упомянутых выше дождевых и снеговых струек, результаты механической работы ветра, благодаря которой строятся мощные толщи лёссовых наносов, иногда довольно близко напоминают результаты механической деятельности воды. Недаром и до сих пор еще, объясняя происхождение европейских лёссов, почти непрерывной полосой протягивающихся от французских прибрежий Атлантического океана до казанского Поволжья, исследователи расходятся в воззрениях, причём одни считают лёсс водной, а другие — эоловой породой.

<sup>4</sup> Накопив предельное количество гумуса, почва становится менее подвижной в своей минеральной части, и чем больше прочных соединений гумуса, тем медленнее идет распад минералов почвы.

Иногда результаты деятельности весьма различных факторов сходны между собой. Рассматривая громадные оплывины, произошедшие при помощи землетрясений в горных странах Средней Азии, исследователь может принять их, по свидетельству Мушкетова, за продукты деятельности ледника. Механические наносы органического ила, покоящиеся на минеральных наносах водных бассейнов, могут, на первый взгляд, напомнить почву.

Дело умелого наблюдения подметить и указать характерные признаки, свойственные каждому процессу, протекающему на земной поверхности.

В каждом наблюдательном или экспериментальном исследовании важно умение разлагать сложное явление на ряд простейших. Только тогда может быть охвачен в целом результат какого-нибудь сложного процесса, когда ясно выделены и изучены отдельные факторы этого процесса; это азбука экспериментального метода.

Изменение земного рельефа и состава земной коры есть также сложный процесс. В более глубоких частях коры этот процесс давно уже закончился, и мы можем наблюдать лишь его результаты. Необходимо уметь по этим результатам восстановить процесс или, правильнее говоря, совокупность процессов, необходимо уметь оживить этот мертвый материал, заставить его говорить нашему уму, заставить вызвать перед нашими глазами картины отдаленной старины. Такова задача историка земной коры. С тех пор, как стали изучать современные динамические процессы, появилась твердая уверенность, что эта задача по силам исследователю, что рано или поздно вся жизнь земной коры развернется перед нами в ряде последовательных картин, в которых нам будут ясны все мельчайшие детали.

Толчок к изучению современных геологических процессов дала теория, известная под именем *униформитаризма*. Сущность теории состоит в том, что явления, совершавшиеся на земной поверхности в древние моменты жизни Земли, были в своей основе те же, что и теперь, что различие могло быть лишь количественное, а не качественное. Отсюда ясный вывод, что знакомство с современными процессами приведет к познанию прошлого, позволит реставрировать его в ясных и наглядных образах.

В последнее время, когда униформитаризм постепенно уступает место эволюционной теории, задачи исследователя в значительной степени усложняются. Воцарение этой теории не освобождает, однако, исследователя от изучения современных динамических процессов и сравнения их результатов с результатами процессов, совершавшихся в разное время на поверхности древней суши. Напротив, теперь больше, чем когда-либо, становится необходимым при знакомстве с современными явлениями на поверхности литосферы уметь расчленить их, уметь выделить своеобразные черты каждого отдельного процесса, уметь, наконец, показать, как эти своеобразные черты отражаются своеобразно и

на результатах каждого из процессов. Такая необходимость заставила исследователей поставить и процесс выветривания или почвообразования особняком от других процессов и рассматривать почвы отдельно от всяких других поверхностных образований земной коры (Keyes, 1898).

В интересах точности и ясности результатов исследования необходимо еще теснее ограничить понятие о почве и под почвами разуметь только те продукты выветривания, которые остались на месте своего образования. Как и всякое другое поверхностное образование, почва может быть размита водой, ее элементы могут отложиться в реке, в озере, в море и т. д. Следует ли, однако, отсюда, что мы и эти вновь отложенные породы будем называть почвами? Конечно, нет! Мы назовем их морскими осадками, озерным или речным аллювием и найдем в них целый ряд признаков, которые находятся в связи со способом их происхождения. Если есть возможность доказать, что такой аллювий, делювий и пр. произошел из почвы, мы назовем его почвенным аллювием или делювием. Это совершенно так же понятно, как понятно и то, что никакой геолог не назовет европейский лёсс моренным наносом, хотя бы и было ясно, что он произошел из тех элементов, которые были вынесены из массы поддонной морены некогда существовавшего ледника. Точно так же никто не назовет делювием осадки речной долины, хотя бы и было доказано, что они построены из материала делювиальных наносов, слагающих соседние склоны.

Представим себе теперь такой случай, когда почва, не уничтожаясь, опустилась под уровень моря вместе с более глубокими частями земной коры, на нее механически налегли морские осадки, а затем в какую-нибудь позднейшую геологическую эпоху вся эта группа пород вновь вышла на дневную поверхность. Или другой возможный случай: когда-то существовавшая почва покрылась ледником, который отложил на ней свою поддонную морену. Как отнесемся мы к таким случаям? Ясно, что здесь мы имеем возможность говорить об ископаемых почвах. Что же могут сказать нам, как историкам земной коры, эти ископаемые почвы? Для того чтобы ответить на этот вопрос, припомним, что почва является функцией от климата, растительности, микроорганизмов, характера материнских пород и пр. Внимательно следя за распределением почв по современной земной поверхности, мы видим, что почвы не разбросаны в беспорядке, как попало, что они строго приурочены к определенным внешним и внутренним условиям, что каждый своеобразный комплекс этих условий создает и своеобразную почву. По цвету, мощности, строению, структуре и химическим свойствам мы можем отличать почвы тропических лесов и саванн от почв субтропических и умеренных пустынь и полупустынь, от почв умеренных степей и лесов и, наконец, от почв арктических тундр. Все эти почвы, привязанные к различным растительным областям, привязаны, очевид-

но, и к различным климатическим условиям, которыми главным образом определяется размещение крупных растительных областей по земному шару.

Понятия: вечнозеленый лес, степь, полупустыня, пустыня, тундра и пр. представляются не только ботанико-географически, но отчасти климатическими и почвенными.

При словах «вечнозеленый лес» в нашем уме возникает представление об областях с относительно высокой и равномерной температурой воздуха, с обильными и постоянными атмосферными осадками, с богатой и разнообразной растительностью, использующей всякий свободный промежуток земной поверхности и даже древесных стволов и, наконец, с глубокими красноцветными почвами, так называемыми латеритами, всюду сопровождающими обильно увлажняемые и согреваемые пространства тропических широт.

Слово «пустыня» рисует нашему воображению бездождные пространства с сухими, порою жгучими ветрами, достигающими нередко силы ураганов, с редкой растительностью, разбросанной как бы в виде отдельных посадок по обширным пространствам, с мощно развитой корневой системой отдельных представителей растительного царства, отправляющейся на поиски за грунтовыми водами, с песчаными, галечниковыми и хрящеватыми почвами, то покрытыми черными, красными и бурыми защитными корками, то цементированными гипсом и углекислой известью, или с плотными глинистыми почвами, переполненными солями.

Выражение «полупустыня» (сухая степь) заставляет нас вспомнить бедные атмосферной влагой пространства юго-восточной России, покрытые травами в весенний период и совершенно почти выжженные летом, с бурыми слоисто-столбчатыми почвами, постоянно чередующимися с участками сухих и мокрых солонцов, с пятнами черноземовидных и подзолотидных почв, или аналогичные равнины Закавказья (Карабахская, Муганская), еще более богатые солями, также с пестрым почвенным покровом, где серовато-белые слоисто-столбчатые суглинки замещают бурые почвы Европейской России<sup>1</sup>.

Когда говорят о «степи», мы представляем себе обширные равнины с умеренными сухостью и теплотой, с дождями, падающими

<sup>1</sup> Не имея возможности останавливаться здесь на более детальной характеристике полупустынных почв, не могу не отметить, что, штудировав литературу, а также и образцы почв из различных других полупустынь, я прихожу к заключению, что значительная часть Крыма по характеру своего почвенного покрова аналогична полупустыням низового Поволжья, а окрестности Мадрида и Туркестан — своими почвенными комплексами напоминают Карабахскую степь и Муган. В Крыму встречаются, между прочим, и подзоловидные почвы того же характера, что и в Царицынском уезде (Димо, 1903), а лёссовые почвы Туркестанского края, судя по характеру их верхних горизонтов, очень напоминают слоеватые горизонты муганских и карабахских белоземов. Основываясь на описании Раманна (1902), можно думать, что таковы же белоземы окрестностей Мадрида.

ми главным образом в летние периоды, с роскошной травянистой растительностью, с глубокими черными почвами, в нижних горизонтах богатыми углесолями и гипсом, так называемыми черноземами. На фоне последних виднеются различные типы солонцов, подзоловидные почвы и лесные земли.

Сухая «тундра» рисуется нам в виде небогатой атмосферными осадками и холодной области с редкой низкорослой растительностью, с вечной мерзлотой грунта, с неглубоко и медленно идущими процессами почвообразования.

Если каждой более или менее определенно выраженной климатической и растительной полосе присущ в качестве господствующего свой особенный почвенный тип, то и обратно, по характеру почвенного образования возможны заключения о климате, растительности и пр. Вот это-то обратное заключение о процессах почвообразования и представляется чрезвычайно ценным для историка земной коры. Ископаемая почва может много сказать ему о том периоде земной жизни, к которому относится такая почва.

Процесс почвообразования не выделяется в этом смысле из целого ряда других, совершающихся на земной поверхности. Такие обратные заключения мыслимы и по отношению к другим процессам. Так, например, наблюдения за жизнью современных ледников позволили решить вопрос о происхождении тех поверхностных наносов с валунами, которые одевают значительную часть северной Европы, России и Северной Америки. Те же наблюдения привели к открытию древних ледниковых образований в Индии и Австралии. По отношению к процессу почвообразования можно только заметить, что те картины, которые вызывает в нашем представлении изучение ископаемых почв, могут во многих случаях быть шире, разностороннее и разнообразнее, чем образы, соединяемые с изучением других геологических процессов.

Геолог давно уже изучает морские осадки прежних геологических периодов, он распределил эти осадки по группам или системам, в пределах отдельных систем отметил осадки глубоководные и мелководные, осадки открытых океанов, замкнутых морей и заливов, ископаемым же материкам посчастливилось гораздо меньше и во всяком случае много еще предстоит работы в этой области науки. Океанические и вообще морские осадки обратили на себя преимущественное внимание потому, что они гораздо мощнее развиты среди пластов земной коры, чем отложения субаэральные, а также и потому, что эти осадки, заключая обычно массу органических остатков, давали больше материала для суждения о древних периодах органической жизни, о физико-географических условиях прежних океанических бассейнов и пр.

Чем древнее геологическая эпоха, тем меньше в ней следов бывших материков и материковой жизни, но что такая жизнь давно уже существует, этому имеются многочисленные доказательства. Остатки материковой флоры известны в древнейших геоло-

гических периодов; то же нужно сказать и о фауне. Эти остатки точно так же, как и морские, давали возможность трактовать о климатах различных геологических периодов и намечать распределение климатических полос по земному шару. В данном случае, как и во всех прочих, исходили от современных условий жизни материков и морей и, сообразуясь с последними, стремились реставрировать картины прошлого. Попытки такие не всегда оказывались удачными и порой влекли за собой целый ряд весьма существенных возражений.

Древовидные папоротники каменноугольной флоры, находимые в ископаемом состоянии в сравнительно высоких географических широтах, давали возможность одним геологам говорить о тропическом климате каменноугольной эпохи на том основании, что нынешние древовидные папоротники живут по преимуществу в тропических широтах. Другие, как Ляйелль и Неймайр, весьма основательно возражали, что таких сопоставлений фактов современности и геологического прошлого недостаточно для суждения о бывших климатических условиях, так как здесь упускаются из вида два существенные момента: во-первых, борьба за существование, в результате которой современные древовидные папоротники могли быть вытеснены из умеренных широт более приспособленными однодольными и двудольными растениями, а во-вторых, приспособляемость организмов, в силу которой в прежние геологические эпохи некоторые организмы могли жить при таких условиях, с которыми они нынче мириться уже не могут, не имея соответственных приспособлений. И на самом деле, если бы мы, основываясь на современном распределении хоботных животных, заключили, что и в прежние геологические эпохи эти животные обитали в теплых тропических климатах, то сделали бы несомненную ошибку. Еще не так давно мамонты (*Elephas trogontherii* и *Elephas primigenius*), прародители современных слонов, жили на севере Европы и Азии, рядом с обширнейшими ледниками и во всяком случае при климатических условиях, весьма далеких от тропических.

Из сказанного ясно, что когда идет речь о восстановлении климатических условий по данным географии растений и животных, то апеллирование к современности может оказаться не всегда или не вполне удачным.

Не останавливаясь на ряде других, хорошо известных геологам (Богданович, 1903) попыток реставрации климатических условий прежних периодов, попыток, связанных также с изучением ископаемых организмов<sup>1</sup>, мы хотели бы обратить внимание почвоведов на тот путь в решении поставленного вопроса, на

---

<sup>1</sup> Существуют попытки, основанные и на других наблюдениях; особенно заслуживают внимание работы Waither, Arrenius и в последнее время Н. А. Соколова.

который могло бы вступить и почвоведение. Нельзя сказать, чтобы путь этот не был испробован. Отдельные попытки были, но они так и остались в большинстве случаев отдельными попытками, да и количество их до сих пор не соответствует количеству фактического материала, накопившегося в науке.

Если организмы, как мы видели, отличаются известной податливостью, способностью к изменениям и приспособлениям, то не будет ли надежнее обратиться к более устойчивому, сравнительно неподвижному миру минералов и минеральных масс. Что такой путь может оказаться рациональным, позволительно заключить уже потому, что в минеральном царстве нет борьбы за существование, нет явлений приспособляемости в том виде, как они существуют в органическом мире. Правда, мы знаем, что минералы могут до некоторой степени приспособляться к наружным формам. Простейший случай такого приспособления представляет следующий пример: положим, что где-нибудь внутри горной породы находился кубик поваренной соли. К этому кубику притекала вода, растворила его, но не уничтожила того кубического пространства, которое занимал кристалл поваренной соли. Допустим далее, что это кубическое пространство заместилось впоследствии каким-нибудь другим веществом, которое заполнило всю пустоту. Может оказаться, что этому новому веществу кубическая форма вовсе не свойственна, оно в данном случае заняло чужую форму, приспособилось к ней. Таких и подобных случаев мы знаем много в природе и таким минеральным образованиям даем название *псевдоморфоз*. Но такая приспособляемость не имеет ничего общего с приспособляемостью организмов: тут приспособляемость к форме, а там — к внешним условиям существования. К последнему типу приспособлений минералы не способны; если в настоящее время поваренная соль не может выносить присутствия воды без того, чтобы не раствориться в ней, то так оно было всегда, во все геологические эпохи. Если теперь вода отнимает от полевого шпата кремнекислую щелочь, образуя при этом каолинит, то несомненно такой же процесс происходил и в любую из геологических эпох. Если при условиях современного тропического климата выветривание производит латеритную почву, то такую же почву оно должно было производить и в триасовую эпоху при соответственных условиях климата.

Следовательно, если в древних материковых осадках мы найдем какое-либо почвенное образование, которое мы в состоянии вполне параллелизировать с одним из существующих ныне почвенных типов, то, зная о той климатической обстановке, в которой формируется современный почвенный тип, мы можем говорить о климатических условиях бывшего материка с гораздо большей вероятностью, чем это возможно по остаткам флоры или фауны этого материка. При этом не мешает еще раз напомнить, что нужно получить твердую уверенность в том, что мы имеем дело с *почвой*, т. е. с продуктом выветривания, оставшимся на

месте своего образования, а не с каким-либо перемещенным осадком, так как путем перемещения минеральная масса бывшей почвы может быть отнесена на далекое расстояние от места своего образования. Достаточно указать на эоловые осадки, которые отлагаются на очень далеких расстояниях от тех мест, где получились впервые путем выветривания материал для этих осадков, и при нескольких иных климатических условиях.

Правда, найдя латерит среди осадков триасовой или пермской систем, мы на основании одного этого факта не можем еще создать полной обстановки, в которой образовался древний латерит. Несомненно, типы растений были иные, чем на современных материках, но для нас важны в данном случае не роды и виды растений, а общий характер растительной формации, дающий понятие, между прочим, о количественной стороне органической жизни. Качественная сторона может быть дополнена параллельным изучением растительных остатков того же материка. Ведь и на современных материках сплошь и рядом наблюдается однообразие процессов почвообразования при разнообразии флористического состава растений. Флоры аргентинской пампы, русской и североамериканской черноземных степей неодинаковы, но однородна общая физиономия растительного покрова и общие условия поступления в почву органических остатков.

Уже давно существуют попытки сближать типы материковых образований прошлого с современными, но по отношению к почвам такие попытки касались пока наиболее резко выраженных отложений, бросавшихся в глаза или своей интенсивной окраской, или другими особенно рельефными морфологическими признаками. Тот же латерит, на котором многие исследователи убедились в значении климатических факторов для процессов выветривания, выступил и здесь на первый план. Существует уже несколько попыток сблизить красноцветные породы различных древних геологических систем с современными латеритами. Так, например, Richthofen (1901), указывая на вынос бразильскими реками большого количества латеритного материала в море, обсуждает вопрос о том, какая масса красноцветных морских осадков получилась бы в том случае, если бы Бразилия была охвачена морской трансгрессией. Переносясь мысленно от этого предположения к седой старине, Richthofen останавливается на яркоокрашенных пластах «красного мертвого лежа», нижнего отдела пермских осадков и высказывает соображение, что материал для этих осадков могли доставить латериты каменноугольной эпохи.

Не упоминая о других попытках того же рода, заметим лишь, что они не всегда могут считаться удачными. Дело в том, что исследователи при подобных сопоставлениях руководились обычно только цветовыми оттенками, общими современному латериту и различным древним отложениям, упуская из виду, что, помимо цветовых оттенков, существуют и другие признаки, в настоя-

щее время с достаточной ясностью установленные, по которым латеритную почву можно выделить из группы других, более или менее похожих на нее цветом. Эти признаки не только внешние, морфологические, но и более глубокие, внутренние, касающиеся минералогического и химического состава почвенной массы. Эти-то признаки должны тщательно улавливаться при изучении современных нам типов выветривания, а что для каждого из этих типов они существуют, в этом можно не сомневаться, несмотря на то, что далеко не все типы изучены нами с достаточной полнотой. Если мы будем хорошо знакомы с внутренними свойствами почвенных типов, то во многих случаях в состоянии будем различать их и тогда, когда для нашего изучения осталась не почва, а продукт ее разрушения, какой-нибудь нанос, образовавшийся из почвенного материала.

Изучая ископаемые почвы, весьма мешает иметь в виду, что прежние геологические эпохи, весьма вероятно, не представляли таких разнообразных комбинаций климатических условий, какие мы знаем на современной земной поверхности. Возможно также, что в древности могли существовать и такие комбинации, каких мы не имеем в настоящее время. И в этом случае изучение ископаемой почвы может навести нас на интересные соображения, хотя вопрос здесь, несомненно, сложнее. Если мы найдем в ископаемом состоянии такую почву, аналога которой мы не подыщем в современном почвенном покрове, то это будет достаточным основанием для утверждения новой комбинации условий почвообразования древних периодов.

Переходя от изложенных общих соображений к фактам, мы постараемся показать, что, несмотря на легкую изменчивость почв, их нахождение в ископаемом состоянии вполне возможно и что природа в данном случае практикует весьма различные способы. Несколько выше было уже указано на возможность погребения почв под морскими наносами и ледниками. Первый из этих случаев несомненно редок, так как при морских трансгрессиях вместе с наступлением моря на материк происходит и размывание прибрежных пород, а следовательно, и почв. Ясно, что здесь больше данных за то, чтобы встретить дериваты почв, чем самые почвы. Но нам известны факты моментального погружения суши под воду во время землетрясений, и в этом последнем случае сохранение почвы более вероятно. Можно, однако, указать на примеры погребения почвы и под трансгрессивными пластами. Такие случаи указываются, например, для низового Поволжья в пределах Астраханской губернии. Арало-каспийские осадки этой области подстилаются пластическими глинами, верхние горизонты которых свидетельствуют о том, что перед отложением песчаной глинистой арало-каспийской толщи упомянутые глины пережили наземно-континентальный период. Местами мульды и крылья, образованные складками этих глин, заполнены торфянисто-растительными слоистыми скоплениями или в массе самих глин на-

блюдаются растительные прослойки (Православлев, 1900). Нахождение торфяных масс отмечено также акад. Чернышевым под морскими наносами террасовых образований р. Белой. Если упомянутые торфяные массы и не представляют, в строгом смысле, почв, то во всяком случае их присутствие дает повод искать в тех же горизонтах и следы почвообразовательных процессов.

Что касается погребения почв под ледниковыми наносами, то такие факты с несомненностью известны среди ледниковых образований Северной Америки. Там эти ископаемые почвы дают возможность расчленять всю толщу ледниковых образований на группы и весь ледниковый период разделять на эпохи. Новейшие американские гляциалисты намечают последовательные зоны выветривания между моренными осадками различных эпох, давая этим зонам специальные названия: сенгамонской, ярмутской и пеорийской. Судя по описанию разрезов, даваемому Leverret (1898, 1902), то, что североамериканские гляциалисты называют почвой, не всегда представляет почву в нашем смысле, но существуют и такие разрезы, где исследователь действительно имеет дело с почвами полуболотного или подзолистого типов.

Аналогичные примеры могут быть указаны для доледниковых и межледниковых образований Западной Европы и для Европейской России. Напомним о существовании болотно-наземных образований под валунными глинами Саратовской губернии (Земляченский, 1894), о темных, пропитанных органическими веществами слоях среди пресноводных мергелей Полтавской губернии (Агафонов, 1894), об ископаемых торфянистых массах Смоленской губернии и о межледниковых образованиях Принеманского края (Криштафович, 1896, 1897, 1902; Никитин, Наливкин, 1896). Считаем необходимым еще раз повторить, что, имея во всех этих случаях дело с торфянистыми массами, мы можем рассчитывать на совместное присутствие и почвообразовательных процессов.

Третий возможный случай сохранения ископаемых почв — это их прикрытие потоками лавы или вулканическим пеплом. Еще Ляйелль (Lyell, 1864) описывал на Мадейре латериты (?), покрытые потоками базальта, который, изменив несколько эти почвы в контакте, в то же время сохранил остальную их массу от разрушения и изменения. Green (1882) указывает подобные же случаи для Ирландии и Шотландии.

Еще легче сохраняется почва при постепенном занесении ее эоловыми осадками. Ископаемые почвы среди песчаных дюн далеко не представляют редкости, но особенно интересны разнообразные почвы, сохранившиеся над лёссом и в толщах последнего. Так, Richthofen (1901) указывал на латериты, сохранившиеся под лёссами Китая, и это дало ему повод утверждать, что современному полупустынному климату указанной страны предшествовали условия теплого и влажного тропического климата. К той же категории сохранившихся под лёссом ископаемых почв возможно отнести некоторые из наших причерноморских мергели.

стых пород, которые раньше без достаточных оснований считали осадками моря и которые, согласно новейшим исследованиям Н. А. Соколова (1902), должны быть отнесены к субаэральным образованиям.

Переходим теперь к группе органогенных образований в толщах самого лёсса. Эти образования давно уже известны в русской литературе под именем *гумусового лёсса* и многими исследователями трактовались в качестве ископаемых почв. Однако морфология гумусового лёсса остается до настоящего времени очень мало изученной, и поэтому едва ли возможно утверждать вообще, что все отложения гумусового лёсса, описанные различными авторами, действительно представляют ископаемую почву. Не сомневаясь в возможности существования подобных случаев и даже в их многочисленности, я должен отметить, что до исследований Г. Н. Высоцкого никто не штудировал глубоких гумусовых горизонтов русского чернозема, горизонтов, находящихся в связи с современными почвообразовательными процессами. Ввиду этого возможно, что некоторые случаи нахождения гумусового лёсса, особенно в черноземной полосе, сведутся к «иллювию» Высоцкого. «Иллювий», конечно, ни в коем случае нельзя смешивать с ископаемыми почвами, так как морфология его, подробно изученная Высоцким параллельно с изучением режима почвенных вод, совершенно иная, чем у тех гумусовых лёссов, которые могут быть приняты за ископаемые почвы. Кроме того, не следует забывать, что глубокие горизонты современного почвообразования констатированы Высоцким не только в лёссовых толщах, но и в толщах моренной глины Воронежской губернии, где они также имеют все существенные признаки лёссового «иллювия».

Разделение поверхностных и глубоких гумусовых горизонтов чернозема слоями лёсса или валунной глины, не содержащими видимых следов гумуса, конечно, не может говорить против возможности отнесения «иллювия» к современному почвообразованию<sup>1</sup>, так как несомненно, что просачивание органических веществ на значительные глубины могло происходить только в виде легко подвижных и более или менее бесцветных соединений креновой и частью апокреновой кислот. Эти соединения могли сделаться видимыми лишь после их восстановления в гуматы. Последнее превращение в различных случаях совершалось и совершается в различных горизонтах, в зависимости от глубины проникания водных растворов, характера материнских пород, степени их аэрации и пр.

В предыдущем изложении я, конечно, далеко не исчерпал всех возможных случаев и даже всех известных фактов существования ископаемых почв, да это здесь едва ли и нужно; необходимо было лишь показать, что фактический материал накопил-

<sup>1</sup> См. противоположные взгляды у Н. И. Криштофовича (1902).

ся достаточный. Дальнейшие исследования должны не только стремиться к обогащению фактического материала, но и к более внимательному штудированию уже существующего с целью обобщения разрозненных фактов и построения выводов о прошлых условиях почвообразования.

Область исторического почвоведения не ограничивается, однако, изучением ископаемых почв. Наряду с последними необходимо штудировать *древние почвы* (реликтовые почвы других авторов). Предположим, что в какой-либо области земного шара процесс почвообразования начался хотя бы в третичную эпоху и протекал непрерывно до настоящего времени. Если условия почвообразования с начала и до конца были одни и те же, то почва во всей своей массе будет носить совершенно одинаковые черты. Если же условия изменялись, то нижние горизонты почвы могут нам представить совершенно иные черты строения, чем верхние. Говоря иными словами, мы будем иметь в этом последнем случае как бы две различные, налегающие друг на друга почвы. Верхняя дает представление о современных условиях почвообразования, нижняя — об условиях древних. Представителями древних почв первой группы являются некоторые латериты Индии, которые начали формироваться местами в третичную эпоху, а местами, быть может, и раньше (Oldham, 1898). Так как, однако, условия почвообразования в данном случае оставались одними и теми же, то почва во всей своей массе носит одинаковые черты строения, или, правильнее говоря, черты строения, присущие только одному почвенному типу.

К другой группе древних почв можно, по-видимому, причислить некоторые бокситовые глины Фогельсберга (Liebrich), выходящие на поверхность и подвергающиеся здесь современным процессам почвообразования. Черты строения и химический характер этих глин указывают на принадлежность их к латеритному типу выветривания.

Большой интерес, с точки зрения почвовед-историка, представляют, между прочим, окрестности Ойцова. Здесь местами на толще юрских известняков налегают ярко-красные глины с кремнями, являющиеся несомненно продуктами выветривания известняков. Верхние горизонты этих глин, где они не прикрыты новейшими наносами, подвергаются процессам подзолообразования, отвечающим современным климатическим условиям этого района. Так как при подзолообразовании получение ярко-красных продуктов выветривания более чем сомнительно, то невольно напрашивается мысль, не являются ли красные глины древними почвами, образовавшимися в то время, когда окрестности Ойцова по своему климату напоминали побережья современного Средиземного моря.

К той же категории древних почв следует отнести и русские лёссы, наиболее распространенные материнские породы современного чернозема. На первый взгляд может показаться, что, на-

зывая лёсс почвой, мы отступаем от того определения почвы, которое было сделано вначале, так как причисляем к почвам механический осадок. Но это только на первый взгляд! Проникая глубже в условия происхождения русского лёсса, как и других подобных же осадков (китайского, туркестанского лёссов), мы тотчас же заметим, что параллельно с накоплением лёссовых толщ, совершавшимся медленно и постепенно, протекали и процессы почвообразования при содействии всех тех факторов, которые обычно в этом процессе принимают участие. Нельзя сомневаться в том, что в период отложения в русских степях лёсса там уже существовала растительность, доставлявшая материал для образования гумуса, хотя и не столь обильный, как в более поздний период, когда отложение лёсса прекратилось. Поэтому нельзя не согласиться со словами С. Н. Никитина и Н. Ф. Погребова (1895), что «всякий слой лёсса по самим условиям его образования должен был некогда более или менее служить почвой, представляя из себя последнее поверхностное отложение». Несмотря на то, что с этой последней точки зрения мы еще недостаточно штудировали различные горизонты лёсса, можно все же на основании имеющихся данных высказать некоторые предположения о той климатической обстановке, при которой происходили процессы почвообразования в русской степи в эпоху отложения лёсса.

Как известно, лёссовые толщи южной России богаты солями, особенно углекислой известью. Откуда же взялись эти соли? Наиболее вероятны два предположения: первое, что углесоли извести осели в виде атмосферной пыли, второе — что они явились результатом выветривания. Исследование современной атмосферной пыли, по временам выпадающей в различных местах Европы (Klein, 1901; Bertainchaud, 1901; Clerici, 1901), показывает, что в ней содержится значительное количество углекислой извести. Изучение процессов выветривания приводит к заключению, что при разложении известковых силикатов атмосферными водами известь выделяется в виде углесоли. Следовательно, вопрос решается одинаково удобно тем и другим способом.

Более интересным для нас является другой вопрос: почему полученные тем или иным путем углесоли сохранились в лёссе, а не выщелочены из него. Ответив на этот вопрос, мы в то же время ответим и на вопрос о климатической обстановке, в которой отлагался южнорусский лёсс. Изучая современные процессы почвообразования, мы узнаем, что накопление солей в почвах на более или менее широких площадях возможно лишь при условиях сухого климата. Отсюда очевидно, что русская степь в эпоху отложения лёсса была областью сухой, бедной атмосферными осадками. Впоследствии эти условия видоизменились в том смысле, что количество влаги несколько увеличилось, растительность стала роскошнее и наступил период развития чернозема, т. е. на древней почве стала формироваться новая при условиях, несколько отличавшихся от древних. По северной границе старой степи

изменившиеся условия влажности сказались впоследствии наиболее резко, и в области так называемых доисторических степей (Танфильев, 1896, 1897) пошла деградация степных почв под воздействием надвигавшегося леса и накопившиеся в поверхностных горизонтах соли были вымыты в горизонты более глубокие.

Из предыдущего очевидно, что изучение древних почв может быть столь же плодотворным для реставрации прошлого земной коры и земной поверхности, как и штудирование ископаемых почв. Для изучения древних почв России особенный интерес должны представить все те области, где различные коренные породы с момента своего появления на дневную поверхность не покрывались ни ледниковыми, ни какими-либо иными механическими наносами. Такие области встретятся не только среди гористых районов России, каковы Урал, Крым, Кавказ, но и среди равнин ее востока. Во всех этих областях русские почвоведы, энергично работающие над изучением генезиса своих почв и выяснением причин их географического распределения, найдут новый материал, изучение которого доставит нашей молодой науке еще одну полную глубокого научного значения главу, в которой пока занесены лишь отдельные, разрозненные и мало изученные факты.

## ЛАТЕРИТЫ И КРАСНОЗЕМЫ ТРОПИЧЕСКИХ И СУБТРОПИЧЕСКИХ ШИРОТ И РОДСТВЕННЫЕ ИМ ПОЧВЫ УМЕРЕННЫХ ШИРОТ \*

Своеобразные по цвету и мощности почвы тропических и субтропических широт издавна обращали на себя внимание путешественников и исследователей. Еще в 1807 г. Buchanan ввел в употребление новый термин «латерит» (от слова later — кирпич) для обозначения красноцветных почв тропических областей. Этот термин привился в специальной литературе, получил широкое распространение, но, вместе с тем, термином этим стали впоследствии злоупотреблять, применяя его ко всякой красноцветной почве тропических и субтропических широт. Против столь широкого пользования упомянутым термином в 1887 г. восставал Sitch, утверждая, между прочим, что настоящие латериты свойственны только тропикам.

Несомненно во всяком случае, что в тропической и субтропической областях встречаются, по крайней мере, две группы красноземных почв, глубоко различные по условиям своего образования, по составу и свойствам. Первая из этих групп приурочивается к областям, обильно увлажняемым, и относится, действительно, к латеритам и им подобным образованиям; вторая залегает в тропических полупустынях и ничего общего, кроме цвета, с группой латерита не имеет. Красноземные почвы последнего типа, известные в Бразилии, Австралии, Африке, содержат нередко на некоторой глубине выделения извести или известковые конкреции, что указывает уже на недостаточность увлажнения. Такие почвы, быть может, представляются аналогами наших бурых солонцеватых почв или лёссовых почв, приуроченных к перифериям пустынь умеренной зоны, но формирующихся при условиях более высокой температуры. В наших руках, к сожалению, был лишь один образец подобной красноцветной почвы субтропической полупустыни Австралии, и его изучение показало, что эта почва, действительно, не имеет ничего общего с красноцветными почвами латеритной группы, хотя бы с того же материка Австралии.

---

\* Опубликовано в журн. «Почвоведение», 1903, № 3.

Оставляя в стороне группу полупустынных почв, мы обратимся к изучению настоящих латеритов и более или менее близких к ним по характеру почвенных образований. Мы увидим вскоре, что и в этой латеритной группе предстоит еще во многом разобрататься будущим исследователям.

Если в пределах умеренной полосы мы более или менее ориентировались в вопросе о влиянии на процессы почвообразования травянистой (степной) и древесной формаций, то для тропической полосы вопрос о влиянии вечнозеленых лесов, с одной стороны, и саванн — с другой, остается в значительной степени неясным. Казалось бы, в тропиках, как и в умеренной зоне, леса должны способствовать более энергичному выветриванию, хотя бы уже потому, что области вечнозеленых лесов получают осадков больше, чем области саванн, где бывают иногда значительные периоды бездождия. По данным Schimper (1898), в областях вечнозеленых лесов выпадает в год minimum 180 см влаги, а в областях саванн — от 90—150 см.

При таких условиях можно ожидать, что под лесами встретятся более разложенные почвы, ближе стоящие к латериту, чем под саваннами. Однако таковые ожидания существующими фактами далеко не подтверждаются; в целом ряде работ различных исследователей и путешественников указывается на нахождение типичнейших латеритов под саваннами, а с другой стороны, известны факты нахождения вечнозеленых лесов не на типичных латеритах.

В воззрениях исследователей по этому вопросу нет единогласия. Так, например, Richthofen (1901) и Zenker (1895), говоря о некоторых латеритах Индии, в настоящее время покрытых низкорослыми деревьями и травами, полагают, что в третичном периоде, когда шло образование этих латеритов, области, занятые ими, были покрыты густым лесом. Wohltmann (1892), обсуждая вопрос о происхождении латеритов, считает участие растительности в процессе латеризации даже необязательным. Mayer (1900) подчеркивает, что типический латерит пористого строения он встречал в восточной Африке только на необлесенных частях. Как же примирить все эти показания? Разделяя в данном случае воззрения Richthofen, мы думаем, что гораздо вероятнее считать латерит продуктом тропических лесных формаций<sup>1</sup> и что если в настоящее время на латеритах существуют саванны, то не следует упускать из виду, что во многих случаях саванны современной геологической эпохи могли занять области лесов предыдущей эпохи, в которую и формировался латерит. Иногда такая смена растительных формаций могла происходить и без изменения внешних климатических условий, только под влиянием распределения

<sup>1</sup> Мы не отрицаем возможности образования латеритов и под саваннами, не имея на это пока положительных данных, но думаем, что там это образование должно идти менее энергично.

влаги в почве. Как известно, латерит, в силу своей пористости, быстро пропускает сквозь себя влагу, вследствие чего последней, даже при достаточном поступлении извне, может не хватать для нормального развития вечнозеленого леса.

Существование растительных формаций, связанных не с климатическими условиями, а с характером субстрата почвы, неоднократно отмечалось ботаниками-географами. Типпенгауэр указывал примеры, когда благодаря пористости и сильной водопроницаемости пород при количестве атмосферной влаги, более чем достаточном для развития вечнозеленых лесов, последние не развивались, а вместо них появлялась травянистая (саванная) формация.

Возможность уничтожения лесной формации и замещение ее саванной указывалось, между прочим, для некоторых областей восточной Африки, занятых в настоящее время по преимуществу саваннами, по которым кое-где разбросаны отдельные лесные островки. Kolbe (1901), изучая фауну африканских жуков, пришел к заключению, что она представляет остаток лесной фауны, что в прошлом даже тропическая Африка была богаче влагой и прохладнее, чем теперь, и что в этом периоде рассеянные лесные островки восточной Африки составляли одно сплошное целое. Об изменении климатических условий тропической Африки говорили также Mayer и Passarge, из коих первый ставил в связь с таким изменением большее некогда распространение ледников Килимаджаро.

Несомненно, что во многих областях тропической зоны, особенно там, где архейские породы никогда не покрывались морем, процесс латеритизации начался очень давно, так что находящиеся там латериты представляют очень древнюю почву, не изменившую своего типа лишь потому, что самые условия почвообразования все время оставались благоприятными для развития именно этого типа, а не какого-либо иного. Что латерит вообще способен к изменениям при изменившихся условиях почвообразования, в этом нас убеждают многие факты. Так, например, Passarge указывает, что во всей Adamaua нет латерита во вторичном залегании, так как он при переносе редуцируется в пепельно-серый суглинок, т. е. испытывает превращение. Латерит, по-видимому, способен как превращаться в почву избыточного увлажнения (болотную, полуболотную), так и оподзоливаться. По крайней мере, Du-Vois указывает на выцветание латеритной массы под влиянием гумуса и корней растений. Такие, получившиеся на латеритной массе, полуболотные и оподзоленные почвы отличаются своими химическими свойствами от соответственных типов наших умеренных широт; но об этом ниже. Мы привели здесь эти справки для подтверждения той мысли, что если латерит не изменил своего типа на протяжении одной или нескольких геологических эпох, то это может указывать на сохранение тех же или весьма близких условий почвообразования.

Из сказанного вытекает, что в тропических широтах больше,

чем где-либо, следует обращать внимание на древность почвенных образований и постоянно иметь в виду этот вопрос при изучении распределения растительных формаций.

Второй, не менее интересный вопрос, также не находящий единогласного решения среди исследователей,— это вопрос о материнских породах, на которых формируется латерит. Одни из исследователей принимают, что латерит может образоваться почти на любой породе, другие с таким положением не соглашаются.

«По-видимому, при благоприятных условиях в тропиках большинство богатых глиноземными бисиликатами пород может превращаться в латерит»,— говорит Richthofen (1901). Он указывает, что на Цейлоне, в Индии и Бразилии латерит происходит из гнейса, близ Гоа — из базальта, а иногда та же почва получается из глинистого песчаника. Известны латериты и на гранитах, диобазах, диоритах, серпентине.

По словам Richthofen, даже аллювиальные и эоловые образования способны к латеритному метаморфозу. Passarge, напротив, утверждает, что в Adamaua латеритообразование не всюду распространено, а связано лишь с известными породами: базальтом, зеленым сланцем, филлитами и амфиболитами; затем, некоторые красные гнейсы, граниты, кварцевые порфиры и некоторые песчаники дают превосходный латерит, но чешуйчатый гнейс латерита не дает. На этом основании исследователь различает породы, образующие и не образующие латерита. Аналогичные наблюдения сделаны и Goldefleiss, который сообщает, что невулканические породы тропиков хотя и дают красноцветные почвы, но это не латериты, так как они содержат известковые и магниевые силикаты и потому являются плодородными.

И в данном вопросе нам кажется более справедливым взгляд Richthofen. Думается, что среди группы латеритов, как и среди хорошо нам известных подзолистых почв, существуют различные стадии почвообразования. Как в лесной полосе умеренных широт более интенсивный почвообразовательный процесс ведет к образованию подзолов, а при меньшей энергии того же процесса получают лишь более или менее оподзоленные почвы, так и в тропиках, кроме типичных латеритов, представляющих как бы конечную стадию данного процесса почвообразования, могут встречаться в большей или меньшей степени латеритизованные почвы. Энергия подзолообразования зависит от рельефа (количество влаги), характера породы и, может быть, характера лесной растительности; энергия латеритообразования зависит, кроме того, как мы уже указывали выше, и от древности почвообразовательного процесса.

Допуская возможность образования латеритов на всяких породах, мы, однако, должны сделать оговорку, что могут быть и исключения из этого общего правила. Так, например, чистые кварцевые пески и песчаники представляют материал, мало пригодный для образования латерита; но следует заметить, что тако-

вые породы редки, обычно же как пески, так и песчаники содержат некоторые количества силикатов.

Может быть, и некоторые мергелистые породы в начальных стадиях разложения, благодаря особому влиянию химизма среды, не дадут латерита, но впоследствии и из мергелей может развиваться латерит, так как и эти породы содержат известное количество алюмосиликатов, способных разлагаться по тому же типу, что и силикаты гранитов, диоритов и пр. И действительно, почвы латеритного типа на мергелях констатированы, между прочим, Sapper (1899) для Центральной Америки.

Прежде чем перейти к характеристике строения, структуры и состава почв латеритной группы, остановимся вкратце на климатических условиях образования латеритов.

Занимая обширнейшие площади на земном шаре, эти почвы, как уже сказано, приурочиваются к тропическим широтам, к областям с высокой средней температурой года и обильными атмосферными осадками. При аналогичных климатических условиях возможно допустить образование латеритообразных почв и вне тропиков<sup>1</sup>, хотя во всех подобных случаях следует быть осторожным и всегда ставить вопрос, имеем ли мы в данном случае дело с современной почвой или с почвой древней, сформировавшейся при несколько иных климатических условиях, но не успевшей значительно измениться. Ниже мы еще остановимся на подобных находках.

Указанные выше климатические условия способствуют чрезвычайно быстрому разложению органических остатков, доходящему иногда до полной минерализации органических веществ. Не говоря уже о травянистой растительности, даже толстые стволы деревьев очень быстро истлевают в тропиках, отдавая почве свои минеральные составные части. Скорость и полнота разложения служат причиной того, что гумуса в латеритных почвах накапливается немного. На это обстоятельство обращали внимание многие исследователи (Richthofen, Dafert) и один из лучших знатоков тропических почв — Wohltmann. Бедность гумусом может служить более или менее типическим признаком латеритов. Считаем необходимым оговориться, что под гумусом мы понимаем тот комплекс бесформенных органических веществ, который тесно связан с минеральной массой почвы, а не тот покров полупергнивших органических остатков, который находят иногда в виде слоя значительной мощности на поверхности почв в девственных лесах. Этот последний при уничтожении лесов очень быстро перегорает, не увеличивая запаса почвенного гумуса.

В связи с исключительной энергией расхода органических веществ находится интенсивность химического выветривания, бла-

<sup>1</sup> Такие факты известны. Schenck (1888) указывает латериты в Капской земле, Трансваале и Натале; напомним также известные указания Richthofen.

годаря которой часто бывают неразличимы между собой латериты, образовавшиеся на различных горных породах. Этот факт легко понимается, если вспомнить, что горные породы слагаются главным образом силикатами, среди которых первенствующую роль играют алюмо- (и ферро-) силикаты. Как бы ни были разнообразны эти последние, продукты их выветривания весьма близки между собой и тем ближе, чем полнее произошло выветривание. Оставляя изучение процесса латеритного выветривания до знакомства с химическими свойствами латеритов, переходим к описанию морфологических признаков этих почв.

Согласно описаниям ряда исследователей, в свежем состоянии латерит представляет твердую, однако режущуюся массу, с пятнами бурого, желтого, красного и белого цветов, обыкновенно суглинистую, но иногда и песчанистую. Светлые и белые части мягче других и поэтому в разрезах легко вымываются дождями. Тогда поверхность разреза принимает ячеисто-губчатый вид. Более твердые и темнее окрашенные части почвы богаты железом. Иногда они становятся блестящими, бурыми, черноватыми и твердыми и тогда разрез выглядит шлакообразным. Такие корки звучат как полые тела и принимались за продукты вулканических извержений, с которыми они на самом деле ничего общего не имеют. При растирании этих черных корок в тонкий порошок этот последний принимает красный цвет. Обращаем особое внимание на данное обстоятельство, которое поможет нам разобраться в вопросе о характере гидратов железа в латерите. Количество железа в латеритах, вычисленное на металлическое, может достигать иногда 25 — 36%. Благодаря этому в некоторых местностях (особенно в Африке) латерит употребляется для получения железа.

Мощность латеритных почв бывает зачастую очень велика, достигая не только десятков, но порой и сотен футов (Richthofen). На разрезах можно бывает иногда проследить постепенный переход материнской кристаллической породы в латерит. Приведем описание одного из разрезов, сообщаемое Richthofen (1860).

На поверхности залегает ячеистый, богатый железом латерит карминово-красного и бурого цветов. В ячейках сетки, образуемой твердым железистым материалом, лежит мягкая рассыпчатая масса, которая легко вымывается дождем.

	Мощность, см
Темно-красный однородный латерит с бурыми железными корками на плоскостях трещин, твердый . . . . .	100
Совершенно мягкая (рассыпчатая), богатая железом порода; внешняя поверхность кусков красноватая, ядро — охристо-желтое	300
Красноватая, более устойчивая (плотная) порода с желтоватым изломом . . . . .	100
Желтая порода с белым изломом . . . . .	100

Желтоватая порода, в которой попадаются начинающие растрескиваться зерна кварца . . . . .	100
Мало выветрившийся гнейс, на плоскостях излома замечаются каолинизированные полевые шпаты . . . . .	100

В этом разрезе характерен, помимо всего прочего, постепенный переход от более желтых и желтоватых цветов нижних горизонтов почвы к красным цветам ее верхних слоев. Желтыми цветами, как известно, отличаются более богатые водой гидраты окиси железа, тогда как наиболее бедный водой гидрат имеет красный цвет. Не останавливаясь пока на минералогическом характере гидратов железа в латеритах, отметим здесь только, что переход от многоводных к маловодным гидратам представляется в данном случае вполне естественным, так как поверхностные горизонты почвенных образований подвергаются в тропиках сильному нагреванию, которое, очевидно, способно дегидратировать гидраты, тогда как температура горизонтов, лежащих на глубине нескольких метров, значительно ниже, и следовательно, условия для дегидратации не столь благоприятны.

В латеритах встречаются не только корки, но и гнезда, иногда даже округлые конкреции окислов железа и наряду с последними порой и значительное количество марганца. Newbold, (1884) наблюдал жилы и гнезда черных марганцевых соединений в латеритах Деканского плоскогорья. Количество железа обыкновенно понижается в латеритах по мере углубления, как показывают наблюдения Blanford:

Глубина, м	1	2,5	4	5	6,5	8
Железо, %	24,5	18,7	15,3	16,1	10,0	8,3
Горизонт грунтовой воды:						
Глубина, м	9	10	13			
Железо, %	4,8	4,0	3,8			

Вообще же содержание железа в латеритах разнообразно. По Oldham, в различных латеритах Деканского плоскогорья были определены следующие количества [в %]:

	Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Amarkantak	35,6	50,8
Kóthiáwar	22,8	32,5
Máin Pát, Sargúja	16,6	23,7
Káláhandi	15,0	21,4

В некоторых разностях латеритов почва проникнута неправильно изогнутыми железистыми трубочками. В большинстве случаев трубочки вертикальны, но изредка они принимают и горизонтальное положение.

Латериты в условиях первичного залегания неслоисты или сохраняют слоистость пород, из которых они произошли, например гнейсов, сланцев. Кварцевые жилы, которые были в материнских породах, сохраняются в массе латерита целиком, а иногда наряду с ними встречаются и сравнительно мало выветрившиеся куски материнских пород. При разбивании этих кусков можно иногда заметить, что большая часть их, вплоть до внутреннего ядра, приняла окраску латерита. Pechuel-Lösche (1884) находил среди латеритов западной Африки местами плитки еще твердого глинистого сланца, но они имели красный цвет.

Близкими к латеритам образованиями являются так называемые красноземы (*terra rossa*, или *goxa*) субтропических широт, которые отличаются от типичных латеритов, по описанию Wohltmann, отсутствием шлаковидных или ячеистых конкреций гидратов окиси железа. Подобные почвы широко распространены в субтропических областях Южной Америки (южная и средняя Бразилия, Уругвай, Парагвай и Аргентина). Подобно типичным латеритам, красноземы образуются из самых разнообразных пород: гнейса, гранита, диабазы, базальта, сланцев. Причины отсутствия в субтропических областях латеритов и замещение их красноземами усматриваются Wohltmann в различии климатических условий, при которых в субтропических широтах развиваются несовершенные или ниже стоящие фазы латеритизации. По-видимому, между латеритами, богатыми конкрециями окислов железа, и красноземами, не содержащими таких конкреций, существуют многочисленные переходы в виде красноцветных же почв, но бедных железистыми стяжениями. Подобные, как бы промежуточные образования описываются, между прочим, Sapper (1899) для Центральной Америки. Из предыдущего описания мы знаем, что и в типичных латеритах более глубокие горизонты лишены конкреций или содержат их в небольшом количестве, сохраняя притом красный цвет основной массы. Так как эти более глубокие горизонты представляют стадии меньшего разложения материнской породы, чем поверхностные горизонты, то их можно, до некоторой степени, параллелизовать с красноземами.

Не следует, кроме того, упускать из виду, что в областях, где залегают латерит, происходит и размывание этой почвы<sup>1</sup>, причем более легкие части уносятся водой и осаждаются по пониженным местам, образуя делювиальные или аллювиальные наносы, называемые обыкновенно *вторичными латеритами*. Если участки, где отложились эти наносы, не представляют данных для изменения условий почвообразования (заболачивание, оподзоливание), то продолжается тот же процесс латеритизации, который

<sup>1</sup> Массы латерита, размываясь водой, выносятся, благодаря чему в областях латерита развиваются овраги с вертикально стоящими стенками, напоминающие овраги лёссовых областей. Рисунки таких оврагов в западной Африке дает Pechuel-Lösche (1884).

совершался и в первичном латерите, и верхние горизонты нано-са превращаются в латеритную же почву, несколько отличающуюся, как увидим ниже, химическим составом от первичного латерита. В таких образованиях могут иногда отсутствовать конкреции железа или находиться в небольших количествах, что, до некоторой степени, сближает по внешним признакам вторичные латериты с красноземами подтропических районов.

Ввиду всего сказанного, резкое разграничение латеритов и красноземов в тропических и субтропических областях представляется, по-видимому, довольно затруднительным, по крайней мере по наружному виду.

Красноземы, как и латериты, не всегда бывают ярко-красных цветов; наряду с ними встречаются более желтоватого цвета почвы, которые Wohltmann предлагает называть «желтоземами» (Gelberde). Насколько можно судить по тем данным, какие имеются в литературе о почвах Бразилии (Wohltmann, 1892) и Мадагаскара (Müntz, Rousseau, 1900), и по образцам этих почв, имеющимся в наших руках<sup>1</sup>, почвы упомянутых территорий по цвету распадаются на четыре группы: 1) красноземы, 2) желтоземы, 3) фиолетовые и 4) белые. Относительно последней группы остается недостаточно выясненным, являются ли белоземы почвами или продуктами разрушения почв (дериватами). Существуют указания на то, что белые почвы залегают по пониженным местам, ввиду чего представляется довольно вероятным, что белоземы суть продукты перемывания цветных почв, богатых окислами железа. Так как гидраты окиси железа имеют сравнительно высокие удельные веса, то возможно ожидать, что размывающая красноземную или латеритную почву вода будет отсортировывать окислы железа и отлагать их ближе к месту размыва, тогда как белые частицы, удельно более легкие, будут уноситься дальше и отлагаться в более пониженных местах.

В Бразилии выработалась особая номенклатура для обозначения разностей тамошних почв, а именно: 1) terra catanduva — глинистая почва, богатая железом; 2) terra roxa argilosa — глинистая почва, еще более железистая; 3) terra roxa superior — суглиносупесь, сильножелезистая; 4) terra roxa igual — суглиносупесь, сильножелезистая; 5) terra blanca — белая почва и т. д.

Вся эта терминология указывает, что и в группе красноземов, как во всякой генетической группе, могут быть различаемы разности, обладающие неодинаковым механическим составом. То же, конечно, следует заметить и по отношению к латеритам. Таким образом, могут существовать глинистые латериты, суглинистые латериты, латеритные суглиносупеси, глинистые красноземы, красноземные суглиносупеси и пр. Приведем несколько

<sup>1</sup> Образцы мадагаскарских почв получены мною от А. А. Савостьянова, а образцы почв Бразилии — от геолога географическо-геологического комитета в Сан-Пауло д-ра Hussak.

цифровых данных, касающихся механического состава бразильских и мадагаскарских почв [в %]:

#### Бразилия

Почвы	Грубый песок	Средний песок	Мелкозем
Terra roxa Limeria		46,9	53,1
» S. Barbara	9,1	34,4	56,5
Terra vermelha S. Barbara	7,3	42,2	50,5
» »	11,8	33,0	55,2
Terra arenosa vermelha S. Barbara	5,8	35,0	59,2
Terra massape	31,1	20,9	47,1

#### Мадагаскар

Почвы	Ил	Тонкий песок	Более грубый песок
Красные	34,8	36,4	28,1
Желтые	16,6	45,1	37,7
Фиолетовые	2,7	50,0	45,1

В химическом составе и свойствах латеритов и красноземов очень много своеобразных черт. Уже внешние морфологические признаки, как упоминалось выше, позволяют думать, что гидраты железа, входящие в состав латеритов, иные, чем в наших почвах. Насколько нам известно, первые указания на особый состав гидратов железа в красноземных почвах были сделаны Crosby (1885), который высказался в том смысле, что в теплых странах под влиянием высокой температуры происходит дегидратация богатых водой гидратов железа, причем лимонит и гетит превращаются в туррит и гематит. Оспаривая заключения Crosby, Russel (1899) полагает, что при решении вопроса об окраске продуктов выветривания необходимо иметь в виду разницу в возрасте этих продуктов. В странах, где выветривание действует долгое время, преобладает красный цвет почвы (в областях латерита, terra rossa Европы и на юге области Аллеган) в противоположность областям, подвергавшимся оледенению, где господствуют желтые и серые цвета продуктов разложения. Таким образом, окраска может находиться и не в связи с современными условиями климата; раз она приобретена, то сохраняется прочно, например зерна кварца сохраняют свою красную оболочку даже и там, где они перекатывались водой. Не останавливаясь на других, относящихся к этому вопросу исследованиях<sup>1</sup>, укажем только, что многие исследователи принимали без всякого основания, что красящим веществом тропических почв является гематит.

Passarge, обсуждая, между прочим, вопрос о гидратах железа в тропических почвах, указывает, что гидрат латеритов легче

<sup>1</sup> Dana (1890), Katzer (1899), Spring (1899). Ряд указаний по этому вопросу читатель найдет в статье Russel (1899), где собрана довольно подробно литература по выветриванию на английском языке.

растворим в HCl, чем лимонит, что имеет значение. Такая растворимость свойственна *турьиту*, который, по нашему мнению, весьма распространен в латеритных почвах. Напомним указание Richthofen, согласно которому черные корки латеритов при растирании дают красный порошок. Анализы железистых корок, приводимые Du-Bois (1903) для латеритов Суринама, не дают определенного указания на состав гидрата, так как эти корки содержат, кроме железа, и другие составные части; вот анализы Du-Bois [данные в % ]:

	I	II		I	II
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	55,94	62,08	TiO <sub>2</sub>	—	14,08
MnO	—	0,09	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,97	0,14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	0,07	CaO	Сл.	0,02
SiO <sub>2</sub>	14,89	7,50	Потери при прокаливании	11,03	15,60

Более прочные выводы позволяют сделать анализы пизолитовых конкреций латерита, приводимые тем же исследователем:

	I	II		I	II
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	83,4	86,9	CaO	1,0	1,0
SiO <sub>2</sub>	7,0	3,1	H <sub>2</sub> O	4,0	5,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,0	4,0			

Эти данные уже довольно определенно указывают на турьит. Существование последнего в латеритах и красноземах довольно правдоподобно объясняется действием высокой температуры, до которой в тропиках нагреваются верхние горизонты почв<sup>1</sup>. Относительно цифры удельного веса, даваемой Passarge (1895), можно высказать предположение, что исследователь имел дело с зернами ильменита, покрытого коркой турьита (уд. вес ильменита достигает 5,21).

Что такое предположение является вероятным, показывает сделанное мною беглое исследование двух образцов тропических почв: одного из Бразилии (Sao Paulo), другого из восточной Австралии (Wollongbar). Пробуя отделить в почвенном мелкоземке гидраты окиси железа при помощи бромформа, я получил на дне делительной воронки красно-бурый порошок с цветом черты, более или менее характерным для турьита. Обработка этого порошка соляной кислотой при кипячении показала, что красящее вещество быстро растворяется, а в остатке получается масса черных зерен ильменита (или изерина?). Такой же минерал был выделен в заметном количестве из красноцветной почвы полутропического района Австралии последовательной обработкой навески соляной кислотой и едким калием при кипячении.

<sup>1</sup> Кроме турьита, в латеритах присутствуют нередко и другие гидраты железа (лимонит, иногда ксантосидерит).

Припомним кстати указания Вауег (1898), что ильменит диабазы не подвергается выветриванию.

Ввиду сообщенных наблюдений представляют интерес химические анализы [в %] трех почв на продуктах выветривания лавы Гавайских островов, произведенные Lyons (1896):

	I	II	III		I	II	III
SiO <sub>2</sub>	34,81	4,54	24,62	MnO	0,28	0,08	0,25
TiO <sub>2</sub>	4,89	8,99	8,12	CaO	Сл.	Сл.	Сл.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33,18	41,35	23,89	MgO	0,39	0,37	0,99
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,03	40,87	37,85	Na <sub>2</sub> O	Сл.	Сл.	1,41
FeO	2,34	2,52	2,08	K <sub>2</sub> O	»	»	Сл.

Закись железа находится здесь несомненно в связанном виде, принадлежа одному из вышеуказанных титановых минералов.

Приведенные анализы дают указание и на другие, не менее типичные признаки тропических почв, но раньше, чем говорить об этих признаках, сообщим еще несколько аналитических данных, относящихся к почвам Мадагаскара. Как уже упоминалось выше, эти почвы представляют четыре цветные разности: красные, желтые, фиолетовые и белые. Анализы [в %] представительных означенных групп приводятся в таблице.

	Красные почвы			Желтые почвы		Фиолетовые почвы	Белые почвы
	I	II	III	IV	V	VI	VII
SiO <sub>2</sub>	57,0	57,8	51,0	29,8	52,1	67,6	63,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,2	11,4	11,3	34,3	16,9	5,7	0,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32,9	29,6	35,8	35,0	30,0	34,5	24,3
CaO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MgO	0,7	0,8	1,7	0,9	0,7	1,5	1,9
K <sub>2</sub> O	0,1	0,6	0,2	0,2	0,3	0,7	0,2
Na <sub>2</sub> O	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.

Данных аналитических определений совершенно достаточно для того, чтобы судить о химических свойствах, присущих тропическим и субтропическим почвам. Во второй серии анализов обращает на себя внимание четвертый образец, в первой (с Гавайских островов) — все три как образцы, бедные кремнеземом и чрезвычайно богатые полуторными окислами, в том числе и глиноземом. По-видимому, наиболее бедны кремнеземом те латериты, которые развиваются из пород, бедных кварцем или не содержащих кварца; латериты на кислых породах довольно богаты кремнеземом. Сказанное видно на двух анализах Вауег, из

коих один относится к диоритовому латериту, а другой к гранитовому [данные в %]:

	Диоритовый латерит	Гранитовый латерит
SiO <sub>2</sub>	3,88	52,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	49,89	29,49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,11	4,64
CaO	—	Сл.
H <sub>2</sub> O	25,98	14,40

Из этих данных позволительно заключить, что при процессе латеритизации уносится из породы преимущественно тот кремнезем, который входил в состав силикатов, в то время как кварцевый кремнезем остается нетронутым или почти нетронутым. Вынос кремнезема особенно характерен для конечных стадий латеритизации и менее заметен в начальных стадиях процесса, насколько можно судить по сравнительным анализам диабаз и глубоких горизонтов латерита [в %], заимствованных из работы Du-Bois (1903):

	Латерит		Диабаз			Латерит		Диабаз	
SiO <sub>2</sub>	43,64	Сл.	46,20	3,10	MnO	0,72	—	8,50	4,93
TiO <sub>2</sub>	Сл.	19,32	12,22	9,25	MgO	Сл.	—	3,91	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,32	27,57	9,25	8,95	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	—	8,71	1,72	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,57				H <sub>2</sub> O				
FeO									

Убыль кремнезема ясно заметна и здесь, так как если бы кремнезем не был вынесен, то его процентное количество в латерите должно было бы несколько возрасти, ибо при образовании латерита вынесено большое количество щелочей и щелочных земель из материнской породы. На самом же деле количество кремнезема в процентах не увеличилось, а даже уменьшилось, следовательно, вынос кремнезема вне сомнения, хотя он и не столь заметен, как в анализах гавайских почв, одной мадагаскарской и одной — Сейшельских островов (анализы Bauer). Из последних анализов не менее ясно, что латериты и красноземы содержат свободные гидраты глинозема. Последние, как известно, по данным Hilgard, могут находиться и в других почвах различных типов, но там они встречаются сравнительно в небольших количествах и для определения их приходится пользоваться только мелкоземом почвы. В латеритах и красноземах упомянутые гидраты встречаются нередко массами и даже образуют иногда особые конкреции.

Насколько нам известно, на такие конкреции впервые обратил внимание Негманн (1869), описавший их из вторичного латерита Бразилии. Согласно его описанию, в этом латерите встречаются

конкреции гидраргиллита в орех величиной, склеенные бурым железняком. Позже Lenz, анализируя железистые конкреции из латерита, получил следующие данные [в %]:

Растворилось в HCl	85,82	Не растворилось:	
в том числе:		SiO <sub>2</sub>	10,42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,40	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	58,02		
H <sub>2</sub> O при 100° C	2,45		
H <sub>2</sub> O при прокаливании	12,95		

Эти данные позволили исследователю заключить, что анализируемое вещество представляло гидрат окиси железа с примесью силиката и гидрата глинозема. О присутствии гидратов глинозема в латеритах упоминает также Wohltmann (1892). Более подробные исследования в этом направлении произведены Вауег (1898), изучившим состав латеритов Сейшельских островов, анализы которых были приведены нами выше. Обработывая латериты соляной кислотой, исследователь определял в них количество полуторных окислов и получал путем вычисления состав части, растворимой в соляной кислоте [в %]:

	Гранитовый латерит	Диоритовый латерит	Латеритный песчаник
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60,68	51,98	76,67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,56	20,95	—
H <sub>2</sub> O	29,76	27,07	23,33

На основании этих данных Вауег полагает, что содержащая глинозем масса латерита существенно состоит из гидраргиллита.

Мадагаскарские почвы были исследованы на содержание гидратов глинозема Schloesing (1901), который пользовался следующим методом. Он кипятил в течение получаса 5-граммовую навеску почвы с литром слабого раствора едкого натра (3,5 г Na<sub>2</sub>O на литр воды) и в фильтрате определял количества глинозема и кремнезема; данные получились следующие [в %]:

	I	II	III	IV	V	VI
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,72	8,10	6,59	4,69	11,40	3,56
SiO <sub>2</sub>	1,61	1,92	5,15	5,05	0,94	4,80

Как видно, количество извлекаемого глинозема иногда во много раз превосходит количество кремнезема, что позволяет не сомневаться в существовании в исследованных почвах гидратов глинозема. Вместе с тем ясно, что количество последних далеко не

всегда велико: почвы IV и VI очень бедны свободными гидратами. От чего зависит это обстоятельство, пока не известно, но объяснения могут быть различного рода. Во-первых, различные почвы могут представлять в различной степени разложенные продукты, во-вторых, возможно допустить, что различные алюмосиликаты неодинаково способны к отщеплению глинозема и, в-третьих, неодинаковое богатство гидратами глинозема может зависеть от того, имеем ли мы дело с первичными или вторичными латеритами. Хотя у нас нет каких-либо серьезных оснований отрицать возможность отщепления глинозема при выветривании полевых шпатов, тем не менее мы привыкли чаще встречать в качестве продукта выветривания этой минеральной группы каолинит. Соображения Rösler (1902) и Weinschenk (1902) о возможности получения путем выветривания каолинита мы считаем необоснованными и полагаем, что даже при условиях тропического выветривания не исключается возможность каолинизации наряду с полным распадением алюмосиликата и освобождением глинозема. В известных опытах Müller (1877), в которых исследовалось действие углекислой воды на алюмосиликаты, некоторое количество глинозема переходило в раствор; то же наблюдалось и в опытах Sicha (1891). К сожалению, ни тот, ни другой из исследователей не занялся изучением состава остатков, где можно было бы констатировать свободный глинозем, если бы таковой отщеплялся в сколько-нибудь заметных количествах. Очевидно из самих условий опыта, что ожидать в растворе значительного содержания глинозема нельзя.

Несмотря на неполноту исследований Müller и Sicha, они, думается, подтверждают то соображение, что даже углекислая вода, каолинизируя полевые шпаты, отчасти и разлагает последние, так что наряду с каолинитом могут получаться и свободные гидраты глинозема. Вот почему мы и указали выше, что отрицать возможность отщепления глинозема при выветривании полевых шпатов мы не имеем серьезных оснований. Возможно, конечно, что в группах пироксенов и амфиболов такое отщепление происходит легче, и если это так, то латериты, произошедшие из пироксеновых или амфиболовых пород, должны быть богаче свободными гидратами глинозема, чем латериты из гранитовых или гнейсовых пород.

Что касается различия в содержании гидратов глинозема в первичных и вторичных латеритах, то по этому вопросу имеются соображения Du-Bois, который считает вторичные латериты особенно богатыми гидратами глинозема. По его мнению, кремнезем первичных латеритов находится в связанном виде, именно в соединении с железом. В глубоких горизонтах первичного диабазового латерита, анализ которого был приведен выше, Du-Bois нашел с помощью отмучивания только 2,5% кварца, что и дало ему повод утверждать, что большая часть этого кремнезема находится в связанном виде. Параллельно с этим автор дает два

анализа вторичных латеритов [в %]:

	I	II		I	II
SiO <sub>2</sub>	58,03	57,68	CaO	0,59	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,04	22,73	MgO	Сл.	Сл.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,19	8,98	H <sub>2</sub> O	9,45	10,60

В этих латеритах находится, по данным Du-Bois, до 52% кварца, откуда следует, что значительная часть глинозема присутствует здесь в виде гидратов. Исследуя конкреции гидратов глинозема, Du-Bois получил следующие цифры [в %]:

	I	II	III		I	II	III
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	63,3	48,5	52,5	CaO	1,0	1,0	1,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,5	21,6	14,4	MgO	—	—	Сл.
SiO <sub>2</sub>	7,0	14,5	3,1	H <sub>2</sub> O	17,6	14,0	27,6

Чтобы закончить с характеристикой химического состава латеритов, необходимо еще отметить, что щелочи и щелочные земли входят в состав этих почв в совершенно ничтожных количествах. Известь очень часто совсем отсутствует, а если она и есть, то ее количество почти всегда меньше количества магнезии.

То же наблюдается и по отношению к натрию: его или совсем нет, или очень мало и обыкновенно меньше, чем калия.

Подводя итоги всему сказанному о химическом составе латеритов и родственных им красноземов, мы можем характеризовать эти почвы как массы, из которых вынесены щелочи, щелочные земли и кремнезем и в которых накопились гидраты полуторных окислов. Но одной этой характеристики, конечно, недостаточно, необходимо еще и объяснить, каким способом происходит этот тип выветривания. Объяснение выноса щелочей и щелочных земель не представляет затруднения; обыкновенная углекислая вода способна произвести этот вынос, что же касается выщелачивания кремнезема, то этот вопрос уже более трудный.

Существуют еще старые наблюдения Thenarde (1870), согласно которым некоторые гумусовые кислоты способны образовать соединения с кремнеземом. Haуes (1897) наблюдал резкие вытравления на кремнистых жеодах каменноугольных известняков, а также в каменноугольных конгломератах, причем замечалось, что кварц даже сильнее разъедается, чем кремний. Исследователь также ставит это явление в связь с деятельностью гумусовых веществ. Аналогичные указания имеются у Julien (1879). Наконец, из анализов золы чистой природной гуминовой кислоты нетрудно видеть, что последняя содержит много кремнезема. Можно было бы думать, на основании сказанного, что и в латеритах вынос кремнезема совершается при помощи веществ гумуса, которые, несомненно, просачиваются сквозь массу латерита, особенно в дождливые периоды. Существуют наблюдения Müntz и Marcapo (1888), которые отмечают особый цвет речных вод в экваториальных странах Южной Америки. Таковыми являются воды

некоторых притоков Ориноко, Амазонки и пр., в толстых слоях кофейно-бурые или зеленовато-черные, в тонких — желтовато-бурые. Авторами найдено в литре такой воды 28 мг гумусовых веществ и 16 мг минеральных, среди которых определены:  $\text{SiO}_2$ , Fe, Mn, Al, K и следы  $\text{NH}_3$  (известия совсем не содержится).

Какие же вещества гумуса могут принимать участие в выносе латеритного кремнезема? Мы хорошо знаем, что более подвижные кислоты гумуса, существующие в наших подзолистых почвах, производят существенно иную реакцию. Разлагая силикаты, они уносят их основания и отчасти полуторные окислы, собирая частью вынесенные вещества в форме ортштейна и оставляя на месте кремнезем, которым и обогащается масса оподзоливающейся почвы. Следовательно, не эти кислоты участвуют в образовании латерита. Участие гуминовой кислоты в свободном виде также едва ли может быть заподозрено, так как эта кислота отличается весьма слабой растворимостью в воде. Можно было бы допустить работу щелочных солей гуминовой кислоты, которые, согласно исследованиям Senft (1871, 1874) и Родзянко, способны энергично разлагать силикаты.

Образование таких солей при процессах латеритизации теоретически возможно, так как в массе латеритизирующейся породы происходит энергичное отщепление щелочей под влиянием углекислой воды. Однако все такие соображения представляют только гипотезу; никаких положительных фактов для ее подтверждения мы не имеем. Столь же неясны для нас процессы отщепления и накопления гидратов железа и глинозема.

Принять ли здесь участие азотной кислоты, которой много содержится в водах тропических дождей и много получается с помощью нитрификации, допустить ли воздействие на выветривающуюся породу продуктов разложения пирита, к чему, по-видимому, склонен Du-Bois, признать ли за углекислотой способность отщеплять глинозем или привлечь, наконец, к ответственности те же органические вещества — вот вопросы, стоящие перед исследователем процессов латеритизации, вопросы, далеко еще не получившие ответа. Можно только думать, что из всех перечисленных факторов наименьшее значение имеют продукты разложения пирита, который встречается далеко не во всех породах, подвергающихся латеритизации, и не в таких количествах, которые могли бы иметь сколько-нибудь общее значение.

Нам остается еще сказать несколько слов о возможных превращениях латеритов и красноземов, по крайней мере в верхних горизонтах, в другие почвы при изменении условий почвообразования. Выше мы указывали вскользь примеры оподзоливания и заболачивания латеритных наносов. Исследования мадагаскарских почв показали, что в долинах, где скопляется латеритный аллювий, развиваются на его поверхности темноцветные почвы, как бы аналоги наших полуболотных луговых почв; строение их, к сожалению, не дается, и в нашей коллекции имеются лишь

поверхностные горизонты этих почв. Эти тропические полуболотные почвы отличаются, однако, по составу от своих северных аналогов: в них, как и в латеритах, присутствуют гидраты глинозема, что было с несомненностью констатировано Schloesing для темноцветных почв Мадагаскара.

Необходимо, наконец, обсудить еще один возможный тип превращений если не латеритов, то красноземов, т. е. почв, не содержащих конкреций железа. Представим себе, что сформировавшийся в предыдущую геологическую эпоху краснозем вследствие изменившихся климатических условий оказался ныне в области тропической полупустыни. Он не изменит сколько-нибудь значительно своих морфологических признаков, но если в его массе сохранились еще известково-магнезиальные силикаты, то на некоторой глубине мы найдем выделения в виде пятен или конкреций углекислой извести. Не принадлежат ли к этому типу некоторые из субтропических красноземных почв? К сожалению, мы пока можем поставить лишь вопрос, а ответа на него дать не в состоянии, за неимением сколько-нибудь достаточных фактов. Детальное изучение химического и петрографического характера подобных почв, несомненно, дало бы ответ на поставленный вопрос.

Переходя от красноцветных почв тропиков и субтропических широт к красным почвам южной части умеренной зоны северного полушария, мы остановимся прежде всего на почвах окрестностей Батума. Исследователи (Краснов, 1893—1894; Докучаев, 1899) прямо называют закавказские красноземы латеритами, причем первый из упомянутых авторов сближает их с почвами Цейлона, южного Китая и Японии. Так как, однако, конкреций железа для чаквинских почв ни один из исследователей не указывает, то лучше будет называть их красноземами. Весьма возможно, что закавказские красноземы приближаются к субтропическим, хотя со стороны химического и петрографического состава они нуждаются еще в более детальном исследовании.

Средняя годовая температура области закавказских красноземов  $+15^{\circ}$ , количество осадков до 2000 мм — условия, приблизительно отвечающие субтропическим. «Трудно себе представить, — пишет Краснов, — как скоро (здесь) свежее обнаженные твердые породы размякают, входящие в их состав минералы выветриваются и вся масса превращается в буро-красную глину». Мощность чаквинских красноземов, по тому же автору, достигает 1—3 сажен и более. От однородной красно-коричневой глины наблюдаются весьма постепенные переходы к глине более твердого сложения, в которой появляются пятнышки и крапинки из минералов, не вполне разложившихся. Глубже количество последних возрастает и почвенный разрез принимает сероватый цвет, причем порода уже крошится, а не сдавливается пальцами. Еще глубже эта сероватая порода переходит в андезит с совершенно выветрившимися составными частями. Свежая андезитовая порода

да лежит на большой глубине. Местами в андезитах наблюдаются шаровые отдельности, которые и при выветривании выделяются в массе выветрившей породы.

К этому описанию В. В. Докучаев (1899) добавляет, что материнскими породами окрестностей Батума являются порфириты и серые трахиты, что в лесу красноземные почвы прикрыты растительным войлоком темно-бурого цвета до 2—3 и более дюймов мощностью и что по низинам между холмами, занятыми непролазными зарослями папоротника, хмеля, азалий, рододендронов, дикого винограда и пр., образуется чрезвычайно плотный дерн, местами до  $\frac{1}{2}$ —1 футов мощностью. Этот дерн обрывается внизу как-то сразу, едва-едва окрашивая в темноватый цвет нижележащий латерит. Аналитические данные, приводимые Докучаевым, таковы [в %]:

	Краснозем	Авгитовый трахит
SiO <sub>2</sub>	35,00	42,74—47,95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,08	18,77—15,64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,18	11,67—12,97
CaO	2,52	10,49—11,91
CO <sub>2</sub>	0,03	
Гумус	0,37	

По-видимому, почвы Чаковы разложены менее значительно, чем красноземы субтропических широт, но тип разложения, кажется, аналогичен. Судя по приведенным анализам, кремнезем и здесь заметно выщелачивается. Может быть, менее заметно накопление полуторных окислов, почему и присутствие свободных гидратов глинозема не столь ясно. Этот последний вопрос исследовался П. А. Земятченским (1899), который пользовался следующим методом.

Навеска почвы подвергалась троекратной последовательной обработке соляной кислотой при различных условиях (10%-ная HCl при 4- и 10-часовом нагревании на водяной бане, крепкая HCl), а остаток от каждой обработки кислотой кипятился с раствором соды. Результаты получились следующие [в %]:

	1-я обработка	2-я обработка	3-я обработка
SiO <sub>2</sub>	7,71	12,19	16,52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,50	14,13	16,67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,67	9,05	10,32

Из этих цифр Земятченский выводит заключение, что глинозем в исследованном образце связан с кремнеземом, а не находится в свободном состоянии. Едва ли можно возражать против того, что значительная часть глинозема действительно связана с кремнеземом, но те же цифры дают, кажется, возможность предполагать, что часть глинозема находится и в свободном виде.

Если обратить внимание на цифры второго столбца, то нетрудно видеть, что здесь отношение частиц глинозема к кремнезему =  $1 : 1,44$ . Даже если сложить отдельно цифры глинозема и кремнезема для всех трех обработок, то получим, что всего растворилось [в %]:  $\text{SiO}_2 - 36,43$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 34,30$ . Отношение частиц  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 1,8$ .

Зная, что сода, хотя и слабо, но растворяет кварц, и делая вероятное допущение, что часть выщелоченного кремнезема была в соединении с железом, мы получим еще меньшее отношение, чем  $1:1,8$ , а такая величина позволяет уже заподозрить присутствие гидратов глинозема.

Если красноземы Закавказья недостаточно изучены, то еще в большей степени это относится к красноземам южной Европы и южных частей Северной Америки. Красноземы Европы известны уже давно под именем «terra rossa», но взгляды на условия и способы их образования должны считаться еще недостаточно установленными. На некоторых из работ по этим вопросам мы здесь и остановимся, чтобы показать, насколько разнообразны заключения исследователей.

Neumaug (1875) тесно связывает южноевропейские красноземы<sup>1</sup> с областью известняков и указывает, что нам неизвестно ни одного случая, где бы краснозем встречался в отсутствии известняка, и что если такие случаи и наблюдаются, то представляют вторичное залегание краснозема, снесенного водой из области известняков. Таким образом смотрит Neumaug, например, на красноземы Истрии и Далмации, лежащие на песчаниках флиша. Исследователь сближает красноземы с красной глиной глубокого моря, которая происходит от разложения известковых скорлупок глобигеринового ила. Этот процесс он параллелизирует с процессом выветривания на земной поверхности известняков, состоящих из того же глобигеринового или ему подобного ила. Обрабатывая 77,76 г карстового известняка уксусной кислотой, Neumaug получил 0,044% красного вещества, в котором содержалось почти 20%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Возможность присутствия в известковых породах красного вещества, несомненно, усложняет несколько вопрос о происхождении южноевропейских красноземов, но обобщать выводы Neumaug едва ли возможно.

Fuchs (1875) указывает на то обстоятельство, что в Италии, Карсте и Греции краснозем образуется на различных известняках, даже неморского происхождения, что, следовательно, сближать процесс образования красноземов с процессом образования красной глины глубокого моря едва ли возможно. В то же время Fuchs подчеркивает, что типичное развитие красноземов наблю-

<sup>1</sup> На красноземистую примесь к карстовым известнякам в количестве от 2 до 23% в одной разности и от 6 до 13% — в другой указывает и Logenz (1881). Красноземы, получившиеся из глины известняков, содержат 70—85%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

дал лишь на плотных, чистых и белых известняках, но никогда не находил типичного краснозема на мягких, мергелистых, мелоподобных и темных или серых известняках. Он точно также указывает, что красноземы получаются лишь на известняках южной Европы, что ни силурийские известняки Богемии, ни разнообразные палео- и мезозойские известковые породы северной Франции, Бельгии и Англии не дают красноземов. Ввиду этих фактов Fuchs высказывается в пользу влияния климата на процессы образования краснозема. Он утверждает, что краснозем встречается лишь там, где климат сух, и поэтому растительность спорадична и не ведет к накоплению гумуса.

Едва ли, однако, можно согласиться с заключениями Fuchs. В прибрежьях Средиземного и Адриатического морей выпадает местами свыше 1000 мм осадков и, во всяком случае, более 500 (в Италии до 800). Если этот климат может считаться несколько сухим для растительности, то для процессов выветривания он далеко не сух. Дело в данном случае не столько в годовом количестве осадков, сколько в их распределении по временам года. Южная Европа, как известно, лежит в полосе зимних дождей, лето же здесь сравнительно сухое. Такое распределение осадков сказывается, конечно, на растительности, вызывая развитие особой формации жестколистных древесных пород. Но в общем влаги расходуется здесь на процессы выветривания немало, почему в этом смысле климат южной Европы и не может считаться сухим.

Чрезвычайно интересны, по отношению к красноземам Европы, факты, добытые Stache (1886). Исследователь указывает, что более старые залежи terra rossa южной Истрии содержат иногда твердые участки красного глинисто-сланцеватого материала с мелкими зернами бобовой руды в тесном соединении со светлым, тонкоинзолитового строения веществом, богатым глиноземом. В размытых осадках краснозема северной Истрии и Крайны Stache находил, кроме зерен бобовой руды, различной формы кусочки бурого железняка. Такие находки дают возможность сближать до некоторой степени красноземы с бокситами. Наблюдения Stache представляют большой интерес и более, чем другие данные, способны подтвердить родство европейских красноземов с латеритами, принимавшееся некоторыми авторами (например, Passarge), но сам исследователь из своих наблюдений делает совершенно иные выводы. Он смотрит на краснозем как на механический осадок, полученный путем размывания пород, подобных эльзасским зеленовато-голубым сланцеватым глинам с бобовой рудой, следовательно, считает эту породу самостоятельной, не стоящей в генетической связи с подстилающим ее известняком. С этим воззрением мы позволим себе не согласиться.

При обсуждении вопросов о происхождении европейских terra rossa следует иметь в виду, что исследователи не всегда изучали почву, т. е. продукт, находящийся *in situ*, но иногда и дериваты почвы, смытые в котловины и углубления. Среди таких дерива-

тов находили местами третичные ископаемые, из чего можно заключить, что образование и даже размывание некоторых европейских красноземов происходило еще в третичную эпоху. Поэтому вполне возможно, что происхождение этих почв отчасти обязано условиям третичного климата. Впрочем, если верхние горизонты почв не изменились, то есть основание полагать, что и климатические условия изменились не особенно значительно.

Совершенно подобные европейским terra rossa почвы существуют и в юго-восточной части Северной Америки и на соседних островах (Бермудские). Сведения о них можно почерпнуть в выше цитированной работе Russel.

О древних почвах латеритно-красноземной группы или, скорее, о дериватах этих почв в виде залежей бокситов, достаточно известных и в Европе, и в Северной Америке, мы здесь распространяться не будем, отсылая читателя к работам Liebrich (1891) для Европы и Branner (1897) для Северной Америки. С выводами последнего, однако, не соглашаются новейшие исследователи.

## ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОЦЕССОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ \*

### ВВЕДЕНИЕ

Под выветриванием следует понимать происходящие на земной поверхности разрыхление и распад минералов и горных пород, сопровождающиеся более или менее глубоким изменением их химического состава. Так или почти так понимает этот процесс большинство исследователей, отличающих выветривание от других динамических процессов, протекающих в земной коре.

Неумар считает, что при переходе в раствор одной из составных частей породы происходит разрыхление и распадение последней: порода выветривается. Согласно определению Walther, процессы, благодаря которым разрыхляются поверхностные слои литосферы и подготавливаются таким образом к переносу, называются выветриванием. В руководстве Kauser говорится, что большинство выходящих на дневную поверхность пород при ближайшем рассмотрении оказывается не свежими, но более или менее сильно разложившимися и разрыхленными, т. е. выветрившимися.

Параллельно с выветриванием, представляющим по существу процесс распада, идут и процессы новообразований, иногда довольно сложные, причем продукты этих последних то приурочиваются к зоне выветривания, то располагаются в более глубоко лежащих зонах.

Эти двоякого рода процессы приводят к образованию на земной поверхности своеобразных тел, носящих название *почв*.

Распределение последних по земной поверхности отличается, как известно, определенной закономерностью, указывающей на то, что процессы выветривания и сопровождающие их процессы синтеза совершаются не всюду вполне одинаково.

В процессе почвообразования мы различаем обычно две стороны: образование органической составной части почвы (почвенного гумуса) и образование минеральной массы.

Насколько местные климатические условия влияют на количество и качество почвенного гумуса, мы в самых общих чертах

\* Опубликовано в «Трудах СПб. об-ва естествоиспыт.», 1906, т. XXXIV, вып. 5. Отд. геол. и минерал.

имеем некоторое представление, что же касается процессов распада различных породообразующих минералов при переходе в почву породы, то нам очень мало известно, как отзываются местные условия на ходе этих процессов и поскольку они способны внести существенные изменения в этот химический процесс в различных местах земного шара. В этом направлении мы располагаем лишь отдельными фактами, не имеющими пока строго обоснованных толкований. Так, мы знаем, например, что выветривание в тропической полосе сопровождается образованием, иногда в больших количествах, гидратов глинозема, но из каких соединений и какими способами эти гидраты получаются, нам в точности неизвестно. Мы наблюдаем также, что резко подзолистые почвы нашего севера обогащаются кремнеземом, но как совершается этот процесс, мы скорее догадываемся, чем знаем определенно.

Отсутствие ясных и точных представлений в этой области образует большой пробел в сумме наших знаний о почвах земного шара, и заполнение этого пробела представляется нам одной из существеннейших проблем современного почвоведения.

Особенно в этом отношении нас интересуют химические превращения в группе алюмо- и феррисиликатов как наиболее распространенных и наиболее сложных по составу соединений, служащих для образования почвенных масс. Несмотря на многочисленные исследования в природе и лаборатории химических превращений упомянутой группы минералов и силикатов вообще, эти процессы во многих случаях представляются недостаточно изученными. Правда, мы знаем в качестве общей схемы, что силикаты превращаются в конце концов в кремнезем, утрачивая свои основания, а алюмосиликаты дают в конечном результате глины: каолинит, галлуазит и пр., но как протекают в природе эти процессы, существуют ли всегда промежуточные стадии таких превращений и даже при всяких ли условиях выдерживается в природе, хотя бы в общих чертах, упомянутая выше схема, мы, к сожалению, не знаем точно и по отношению к весьма распространенным минералам.

Между тем для почвоведов представляется существенно важным не только определенно знать, в какой последовательности происходит химическое изменение минералов, образующих почву, но и то еще, всюду ли последовательность эта одинакова и нет ли оснований полагать, что один и тот же минерал в различных областях земного шара будет разлагаться неоднородно.

Уже на основании таких немногочисленных наблюдений в природе и исследований в лаборатории, которыми мы до настоящего времени располагаем, есть возможность заключать, что в природе существует несколько типов разложения одних и тех же минералов.

Накопление кремнезема в подзолистых почвах, каолинизация в почвах более теплой части умеренной зоны, появление значи-

тельных количеств гидратов глинозема в латеритах — таковы факты, свидетельствующие в пользу не вполне одинакового хода процессов выветривания в различных областях земного шара. Лабораторные исследования, правда еще недостаточные, указывают, что кислоты гумуса действуют на алюмосиликаты не так или не всегда так, как вода и углекислота.

Все сказанное побудило нас обратиться к более внимательному изучению процессов выветривания с целью выяснить в подробностях ход разложения главным образом алюмосиликатов при различных природных условиях и попытаться в конце концов установить, наблюдается ли различие и, если наблюдается, какое именно, в характере распада одних и тех же силикатов при превращении породы в чернозем, латерит, краснозем, подзол, бурый слоистостолбчатый суглинок и т. д. Только этим путем возможно окончательно выяснить вопрос, сколько имеется на земном шаре типов выветривания и какие почвы или группы почв этим типам соответствуют. В предлагаемом исследовании мы могли исполнить лишь часть намеченной работы.

Изучая процессы почвообразования, следует иметь в виду, что в большинстве почв необходимо различать грубо два горизонта: гумусовый и безгумусовый. Называть почвой только гумусовые горизонты нам представляется неправильным.

В любой климатической полосе, где достаточно растительности, верхние горизонты продуктов выветривания, если к не содержат в себе заметных на глаз количеств гумуса, то произошли, во всяком случае, при содействии этого последнего. Что же касается более глубоких горизонтов, то едва ли мы имеем всегда достаточное основание утверждать, что видимое отсутствие в них гумуса свидетельствует и о том, что гумус или продукты его распада на эти горизонты совершенно не влияли.

Примеры нахождения более или менее явственно заметных, хотя и не резко оформленных, гумусовых горизонтов на значительных глубинах в черноземах (иллювии Высоцкого, 1899, 1900, 1901) и некоторых подзолистых почвах ясно показывают, что хотя в толщах породы, разделяющих верхние и нижние гумусовые горизонты, заметного на глаз гумуса нет, тем не менее несомненно, что соединения последнего сквозь эти горизонты просачивались и так или иначе на них влияли. Если даже допустить такой случай, что все кислоты гумуса ограничили свое влияние лишь теми поверхностными горизонтами, в которых присутствие гумуса бросается в глаза, то на больших глубинах нам все же придется считаться с деятельностью тех веществ, которые так или иначе произошли из гумуса.

Азотная, серная кислоты и их соли, иногда щавелевая кислота и всегда углекислота являются, между прочим, продуктами распада гумусовых веществ, а большинство этих соединений просачивается, несомненно, гораздо глубже в почву, чем многие собственно гумусовые вещества и особенно некоторые кислоты гуму-

са. Спрашивается, логично ли отделять от почвы те горизонты, где работал если не сам гумус, то продукты его распада, логично ли в особенности и потому, что те же продукты распада несомненно действуют и в горизонтах, где имеются явственные отложения гумуса. Думается, ответ здесь может быть лишь один — отрицательный.

Поэтому мы всецело примыкаем к тем исследователям (Vegendt, 1877; Богословский, 1899), которые считают необходимым называть почвой не только гумусовые горизонты коры выветривания, но и более глубокие, где хотя гумуса и незаметно, однако результаты почвообразовательных процессов могут наблюдаться.

Отсюда совершенно законно желание классифицировать не только гумусовые, но вместе с ними и более глубокие горизонты почвенных образований, и это желание тем более понятно, что условия образования глубоких горизонтов находятся в самой тесной связи с условиями образования поверхностных гумусовых.

В самом деле, образование соляных горизонтов черноземов и полупустынных почв является необходимым следствием тех внешних условий, которые способствуют и накоплению гумуса в поверхностных горизонтах; образование вивианита, сидерита, сернокислых, а иногда и щавелевокислых солей в болотных почвах точно также находится в самой тесной зависимости от тех причин, которые вызвали накопление полуразложившихся масс гумусовых веществ в верхних горизонтах болотных почв.

Итак мы принимаем, что если в более глубоких горизонтах продуктов выветривания, где на глаз незаметно присутствие веществ гумуса, можно наблюдать какие-либо изменения, происшедшие *одновременно* с формированием поверхностных гумусовых горизонтов и *в силу общих причин*, то таковые горизонты мы логически не имеем права отделять от гумусовых и должны те и другие одинаково называть *почвой* или, что одно и то же, *корой выветривания*.

Из сказанного ясно, что для полного представления о процессе почвообразования необходимо изучать превращения минералов не только в гумусовых, но и в нижележащих горизонтах почв.

## ВЫВЕТРИВАНИЕ ГЛАВНЕЙШИХ ГРУПП АЛЮМОСИЛИКАТОВ В ПРИРОДЕ

### Выветривание в Чакве близ Батуми

Наиболее подходящими местностями для изучения в природе процессов выветривания являются те области России, где почвы формируются на твердых кристаллических породах более или менее определенного состава. В этих последних случаях есть возможность обособить каждый отдельный минерал, изучить его состав и разыскать различные продукты превращений такого минерала.

На значительной части пространства Европейской России, где большинство почв образуется на рыхлых наносах, изучение состава материнских пород и сравнение его с составом горизонтов выветривания оказывается затруднительным. Дело в том, что материнские породы значительной территории России, хотя и представляют в главной своей массе продукт механического разрушения массивных пород, однако еще в ледниковом периоде при их образовании могли испытывать отчасти и химическое выветривание под влиянием ледниковых вод. Не следует затем упускать из виду и того обстоятельства, что в морену ледника могли попасть, помимо свежих пород, и продукты выветривания доледниковых периодов. Поэтому пестрая масса осадков поддонной морены, флювиогляциальных, морских и эоловых образований ледниковых периодов содержит самый разнообразный материал, где наряду с первичными минералами находятся и продукты выветривания. В частности, по отношению к эоловым осадкам необходимо иметь в виду, что они в течение всего периода своего отложения могли подвергаться выветриванию. Таким образом, современные почвы Европейской России начали формироваться зачастую на переработанных продуктах механического и химического выветривания, ввиду чего нередко очень затруднительно решить вопрос, какие из минералов почвы и в каком количестве представляются продуктами современных процессов почвообразования и какие остались в наследство от более древних процессов той же категории.

Едва ли не самой интересной для изучения процессов выветривания областью России представляется Кавказ благодаря чрезвычайному разнообразию климатических условий. На Кавказе встречаются не только все те типы почв, которые могут быть найдены на всей обширной площади равнинной России, начиная от Астрахани и кончая Архангельском, но и некоторые другие, на территории Европейской России неизвестные. Это обстоятельство и заставило меня обратиться прежде всего к собиранию материала для работы на Кавказе.

Несомненно, что одним из самых интересных и своеобразных уголков Кавказа представляются окрестности Чаквы близ Батуми, обратившие на себя сравнительно недавно внимание исследователей своими оригинальными почвами. Если не ошибаюсь, впервые проф. А. Н. Краснов (1893—1894) сблизил чаквинские почвы с латеритами, указав на их сходство с почвами Цейлона, южного Китая и Японии. Также называет их латеритами проф. В. В. Докучаев (1900), а затем проф. П. А. Земятченский (1899) и Г. И. Танфильев (1904). Следует, впрочем, заметить, что сближение чаквинских почв с латеритами и даже отождествление их с этими последними делалось без достаточных оснований. Исследователи руководились в данном случае частью некоторой близостью к субтропической полосе во внешних условиях почвообразования (черты климата), частью интенсивностью почвообразова-

тельного процесса, частью, наконец, внешним цветовым сходством чаквинских почв с латеритными.

Климатические условия ближайших окрестностей Батуми характеризуются довольно высокой средней температурой года ( $+14,7^{\circ}$ ) и сравнительно громадным количеством осадков (до 2400 мм и более). В январе, однако, средняя температура падает до  $+5,9$ , в отдельные дни зимы наблюдаются иногда, хотя и кратковременные, морозы с падением температуры до  $-7,8^{\circ}$  (в 1890 г.). Осадки зимой выпадают иногда и в виде снега, существование которого не бывает, впрочем, сколько-нибудь продолжительным. Условия эти, как видно, довольно далеки от тропических; они уклоняются даже значительно от ближайших к тропикам субтропических, что касается преимущественно зимнего периода.

Чаквинские почвы развивались под лесным покровом, от которого ныне свободны нижние части горных склонов, где заложены чайные плантации. Преобладающими древесными породами, по свидетельству Краснова, являлись каштан и бук, к которым примешивались дуб, берест, клен, лесной орех и пр. Под тенью леса имеется густой вечнозеленый подлесок из самшита, падубы, рододендронов и лавровишни. Из кустарниковых пород тот же исследователь указывает ежевику, *Sambucus*, *Evonymus latifolius*, *Viburnum orientale*, *Daphne pontica*, *Ruscus hypophyllum*. К перечисленным растениям присоединяются разнообразные папоротники, частью эпифитные и плющ.

В общем, растительность довольно богатая и дающая земной поверхности большое количество органических веществ, от которых, однако, после истребления леса почве достается немного гумуса; последний скопляется по преимуществу в котловинках, где влага имеет возможность, хотя временно, застаиваться. Поэтому для характеристики здешних почв, полученных из-под леса, а частью и в самом лесу, гумусовые горизонты представляют второстепенный интерес; наибольшее внимание исследователя должны привлекать процессы, происходящие в минеральной составной части почв, и результаты таких процессов. Последними вопросами, однако, исследователи Чаквы очень мало занимались, если не считать валовых анализов чаквинских горных пород, не всегда к тому же полных, и конечных продуктов их выветривания, взятых иногда случайно. Такого рода валовые анализы, при надлежащей выборке образцов, могут дать, конечно, некоторые представления относительно общего хода процессов выветривания, но разъяснить весь процесс целиком они не в состоянии, как это мы и видим из опубликованных аналитических данных В. В. Докучаева, Боча и др.

Прежде чем говорить о процессах выветривания, остановимся на характеристике местных материнских пород. В работе Л. Бацевича (1887) окрестности Чаквы закрашены в цвет, означающий «базальты, андезиты, их лавы и туфы», описания же ближайших

ж Чакве местностей не имеется. По данным того же исследователя, к югу и юго-востоку от Батуми (у Эрги) развит авгитовый порфир (1885). Согласно Н. П. Лебедеву (1898), на протяжении между Чаквой и Батуми значительная полоса сложена «андезитами и их туфами».

Описанный в тексте образец породы № 88 очень близко подходит к тому, что мне приходилось наблюдать в Чакве. Описание Лебедева таково: «Темно-зеленая порода с белыми прожилками цеолита и микроскопическими выделениями авгита. Основная масса состоит главным образом из мутно-серых, а отчасти из зеленых зерен аморфного вещества и микрокристаллов плагиоклаза. В виде порфировых выделений являются кристаллы авгита, плагиоклаза и зерна цеолита. Изредка наблюдается железный блеск».

В цитированной выше работе Краснова, изучавшего Батумскую область раньше Лебедева, материнские породы Чаквы называются «близкими по составу к андезитам», причем более детальной характеристики исследователь не дает; Краснов указывает и на особую разность чаквинских пород, говоря, что «в массе породы включены как бы ядра гораздо большей плотности и несколько иного кристаллического сложения, что сильно влияет на вид выветривания, на образование неровностей рельефа и даже на место выхода ключевых вод».

Наконец, Докучаев называет породы, находящиеся в 1½ верстах к северу от Чаквы, авгитовыми трахитами и андезитами, упоминая, как и Краснов, о шаровых отдельностях андезитов.

Исследованная мною одна из разностей чаквинских пород, которой я даю название плотной мелкозернистой разности, имела такой характер: цвет породы темно-зеленый, то более матовых, то более блестящих оттенков. Матовые места соответствуют зеленоватой основной массе породы — стеклу, блестящая — кристаллическим зернам авгита. Несмотря на то, что на взгляд порода имеет нередко совершенно свежий вид, порошок ее местами довольно бурно вскипает с соляной кислотой благодаря присутствию углесолей щелочноземельных металлов, очевидно, представляющих продукт выветривания. При разделении порошка породы с помощью бромформа на отдельные породообразующие минералы на дно делительной воронки садятся тотчас же зерна авгита с магнитным железняком. Отмытый от бромформа бензолом порошок авгита имеет серовато-зеленый цвет в тех случаях, когда порода несколько затронута процессами выветривания. Такой оттенок получается потому, что зерна авгита с поверхности окутаны пленкой углекислой извести и отчасти основной массы. После обработки слабой соляной кислотой они становятся блестящими и принимают буровато-зеленый цвет, характерный для зерен, выделяющихся из совершенно свежих участков породы. Для освобождения авгита от магнитного железняка, образующего нередко довольно крупные включения, приходится измельчать порошок

авгита и, рассыпав его на листе бумаги, отобрать магнитный железняк с помощью простого магнита.

Зерна полевого шпата выделяются из тяжелой жидкости также в виде зеленоватого порошка благодаря тому, что они окутаны веществом основной массы; от этого последнего нетрудно освободиться, нагревая порошок до кипения с 10—15%-ным раствором соляной кислоты и кипятя его затем некоторое время в растворе едкой щелочи. Оказалось также возможным изолировать кристаллические зерна авгита и полевого шпата, обрабатывая в объемистом тигле порошок горной породы насыщенным раствором едкого натра и действуя затем на отмытое от едкого натра вещество соляной кислотой. Опыт, произведенный студентом Севитовым, показал, что полевые шпаты чаквинского андезита при этом не цеолитизируются, по крайней мере в течение суток, и после всех указанных операций и отделения авгита получается снежно-белый, совершенно однородный кристаллический порошок полевого шпата.

Указанными способами удалось изолировать из плотной чаквинской породы в совершенно чистом виде магнитный железняк, авгит и полевой шпат и изучить отдельно состав и свойства каждого из этих породообразующих минералов. Прежде чем перейти к изложению результатов этого исследования, заметим, что в кусках плотной чаквинской породы, как на это указывал и Лебедев для авгитовых андезитов окрестностей Батуми, нередко белые прожилки цеолитов, которых, однако, в моем распоряжении было недостаточно для химического исследования, а также и прожилки кристаллов кальцита.

*Магнитный железняк* чаквинских андезитов, образующий многочисленные включения в кристаллах авгита и в основной массе, гораздо удобнее изолировать не из свежей породы, а из продуктов ее выветривания, где магнетит легко выделяется при помощи тяжелой жидкости. Выделенный таким образом минерал является то в виде кристаллических обломков, то в виде мелких октаэдрических кристалликов, на глаз совершенно свежих и блестящих, без всяких следов выветривания. Только под микроскопом для непрозрачных веществ можно видеть, что на некоторых гранях имеются мелкие углубления, а иногда замечается слабая побелость. Во всяком случае, магнитный железняк лишь слабо тронут процессами выветривания, что хорошо объясняется уже и тем, что, находясь внутри зерен авгита и стекловатого вещества, кристаллы магнитного железняка защищаются от агентов выветривания разлагающейся массой, но есть, по-видимому, и другая причина, лежащая в составе самого магнитного железняка, также влияющая на энергию выветривания.

Определяя уд. вес магнетита с помощью пикнометра, я нашел величину 4,67 (при 13° С), слишком малую для чистого магнитного железняка, уд. вес которого колеблется между 5,1 и 5,2. Такое понижение величины уд. веса явилось не только результатом

того, что к мелким кристаллам магнетита плотно пристала кое-где еще более тонкая кристаллическая пыль, по-видимому, полевого шпата, которую оказалось невозможным нацело отделить механически, но еще и того, что в составе магнетита оказалось довольно значительное количество магнезии, замещающей закись железа. Присутствие магнезии несколько затрудняло переведение в раствор магнитного железняка при кипячении его порошка в соляной кислоте; оно же, надо думать, способствовало и лучшему сохранению минерала от выветривания.

Постороннюю примесь к магнетиту, принимаемую мною за полевошпатовую пыль, не удалось собрать в сколько-нибудь значительном количестве для анализа. Несомненно лишь то, что после продолжительного кипячения с крепкой соляной кислотой эта пыль не разложилась и свободно проходила сквозь поры плотного шлейхеровского фильтра, так что отделить ее от раствора магнитного железняка путем фильтрации не удалось; для определения ее количества пришлось осадить ее вместе с гидратом окиси железа и, определив вес того и другого совместно, перевести железо в раствор, найти количество  $Fe_2O_3$  титрованием и получить вес посторонней примеси из разности.

Химический состав чаквинского магнитного железняка выражается следующими аналитическими данными [в %]:

MgO	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Сумма
4,77	23,20	71,98	99,95

Очевидно, мы имеем здесь дело с минералом, принадлежащим к группе *магнезиального магнетита*.

*Авгит* выделяется из андезитовой породы, как указано было выше, в виде блестящих зерен буровато-зеленого цвета. Так как вместе с порошком авгита выпадает и магнитный железняк, частью в виде обособленных пылинок, частью в виде включений, и так как для определения уд. веса тонко измельчать порошок авгита нельзя, а следовательно, и отобрать весь магнитный железняк не удается, то присутствие последнего, вероятно, несколько сказывается на величине уд. веса. По этой причине мы не решились определить уд. вес на сравнительно крупных кристаллах, которые были выделены из некоторых участков плотной породы, а определили таковой на порошке авгита. Полученная величина равнялась 3,39 при 13° С. Три из выделенных кристаллов были измерены проф. Самойловым, любезно согласившимся исполнить эту работу, кристаллы обнаружили обыкновенную комбинацию:  $a \{100\}$   $b \{010\}$ ,  $m \{110\}$ ,  $S \{\bar{1}11\}$  и  $p \{\bar{1}01\}$ .

Установка и отношение осей G. v. Rath  $a : b : c = 1,0921 : 1 : 0,5893$   $\beta = 74^\circ 10'$ ; грани кристаллов большею частью изъеденные, дающие многократные рефлексы; грань  $\{\bar{1}01\}$  наблюдалась только на одном кристалле; она совершенно матовая и никакого рефлекса не дает, так что можно было констатировать только ее при-

сутствие. Облик кристаллов обычный призматический. Из двух пинакоидов большее развитие обнаруживает  $a \{100\}$ . В одном кристалле можно было видеть двойниковый шов параллельно (100).

Химический состав авгита таков [в %]:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Сумма
49,56	5,70	1,73	5,47	0,60	12,65	20,61	0,46	3,01	99,79

*Полевой шпат* не образует сколько-нибудь крупных индивидов и представляется в виде зерен, часто обнаруживающих двойниковое сложение. На микроскопических шлифах кристаллы полевого шпата представляются иногда значительно изъеденными. Уд. вес снежно-белого порошка полевого шпата — 2,61 при 13° С. Крепкая соляная кислота даже при продолжительном кипячении на него почти совершенно не действует. Химический состав определяется следующими данными [в %]:

Потери при про- каливании	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Сумма
0,20	65,49	20,06	0,19	1,58	5,92	6,71	100,15

Эти данные приводят к заключению, что полевой шпат чаквинского авгитового андезита принадлежит к группе анортоклаза. По составу он ближе всего стоит к анортоклазам авгитового андезита о-ва Пантеллерии. Для сравнения приводим анализы двух образцов анортоклаза о-ва Пантеллерии:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Сумма
I	66,06	19,24	0,54	0,11	1,41	5,45	7,63	100,14
			(FeO)					
II	66,03	19,37	1,53	0,02	1,73	5,40	7,57	100,65

Анортоклазы из авгитовых андезитов Килиманджаро имеют уже менее сходный состав, являясь, между прочим, относительно более богатыми натром.

Наряду с плотными мелкозернистыми разностями авгитового андезита в Чакве находятся и крупнозернистые разности той же породы, образующей громадные шаровые отдельности. Определить соотношение этих двух разностей друг к другу затруднительно, так как вообще сколько-нибудь свежие горные породы находятся здесь на значительных глубинах, будучи прикрыты мощным чехлом продуктов выветривания. Вполне свежих кусков породы с шаровой отдельностью мне не удалось добыть в Чакве; все собранные мною образцы носят более или менее ясные признаки разложения. Отдельности совершенно ясно расслаиваются на ряд концентрических скорлуп, нередко легко снимающихся рукой. В серовато-бурой массе выветривающихся шаровых отдельностей резко выступают очень крупные зерна авгита почти черного цвета, нередко с блестящими поверхностями. Ясно обра-

зованных кристаллов, как это бывает в мелкозернистых разностях, здесь, однако, не наблюдается. При растирании в агатовой ступке эти зерна дают буровато-зеленый порошок, не отличающийся по цвету от порошка авгита мелкозернистой разности.

Не менее многочисленны, чем зерна авгита, другого рода включения. Эти последние чаще всего округленно-овальной формы, но иногда и неправильные; размеры их разнообразны, цвет белый. Одни из них имеют радиально-лучистое строение, у других никакого определенного строения не наблюдается: они кажутся однородными и плотными. И те и другие включения, будучи превращены в порошок, легко разлагаются соляной кислотой, выделяя кремнезем в виде мелких хлопьев. Фильтрат от кремнезема богат глиноземом и содержит известь. Перед паяльной трубкой как радиально лучистые, так и плотные осколки довольно легко сплавляются; очевидно, мы имеем здесь дело с цеолитами, которые встречаются и в мелкозернистых разностях чаквинского андезита, но, как мы уже упоминали, не в виде гнезд или миндалин, а в виде жил, заполняющих трещины пород. Несомненно, что в обоих случаях цеолиты выделились из водных растворов. Полевой шпат в описываемой разности андезита в виде крупных, различимых простым глазом, зерен не выступает. Магнитного железняка и здесь очень много; формы его те же, что и в мелкозернистых андезитах.

Таким образом, состав породы как в мелкозернистой, так и крупнозернистой разностях одинаков, разница лишь в величине зерна, отчасти в распределении отдельных элементов и, наконец, в форме застывания.

Ознакомившись с характером материнских пород и составом слагающих их минералов, переходим к изучению процесса выветривания. Последнего вопроса касалось в разное время несколько исследователей, но, как увидим сейчас, ни один из них не дал сколько-нибудь полного ответа.

Проф. А. Н. Краснов в цитированной уже работе дает картину выветривания лишь в самых общих чертах, останавливаясь на морфологии выветрившейся массы и на энергии процессов выветривания и отмечая, между прочим, совершенно правильно, что в поверхностных горизонтах чаквинских почв имеется и наносный материал, перемещенный механически с верхних частей склонов. Это последнее обстоятельство имеет важное значение при выборе образцов для исследования, где нужно быть уверенным, что взятая выветривавшаяся масса действительно получилась на месте, а не принесена извне. В этом отношении особенно надежными являются те пункты разрезов, где обнаруживаются шаровые отдельности. При выветривании на месте, как описывает и Краснов, форма этих отдельностей сохраняется чрезвычайно ясно в выветрившейся глинистой массе, причем в центре такого глинистого шара, иногда до сажени и более в диаметре, нередко сохраняется ядро материнской породы, хотя и затронутое уже процессами

выветривания. Там, где масса красной или буровато-красной глины не имеет определенного строения, приходится брать образцы из более глубоких горизонтов. В этом последнем случае критерием того, что исследователь имеет дело с продуктом выветривания, оставшимся на месте своего образования, могут служить сохранившиеся неперемененными прожилки белого цвета, о происхождении и природе которых речь будет ниже.

В работе Краснова никаких исследований химического состава пород и почв не имеется.

В 1898 г. С. С. Аксенов и К. А. Красусский опубликовали несколько анализов поверхностных горизонтов чаквинских продуктов выветривания. Эти анализы, представляя некоторый практический интерес, процессов выветривания не разъясняют. Обращает лишь внимание то обстоятельство, что в 10%-ную соляную кислоту переходит громадное количество полуторных окислов: до 27% глинозема и до 15% окиси железа.

В указанной выше статье проф. В. В. Докучаева (1900) приводятся неполные аналитические данные для материнской породы в 1½ верстах к северу от Чаквы и продукта выветривания оттуда же. Согласно этим данным, в материнской породе содержание  $Fe_2O_3$  колеблется от 11,67 до 12,97%;  $CaO$  — от 10,49 до 11,91%;  $SiO_2$  — от 42,74 до 47,05%,  $Al_2O_3$  — от 18,77 до 15,64%. Продукт выветривания содержал [в %]:

$Fe_2O_3$	$CaO$	$SiO_2$	$Al_2O_3$
20,18	2,52	35,00	22,08

«Таким образом,— замечает по поводу этих анализов проф. Докучаев,— в чаквинском латерите видимо произошло значительное накопление окисей железа и глинозема и значительное обеднение кремнекислоты и особенно извести». В какой форме произошло накопление полуторных окислов, из каких соединений выщелочены кремнекислота и известь, приведенные анализы, конечно, разъяснить не могут.

Полнее аналитические данные Боча (см. Коссович, 1903), но и они не дают ответа на интересующие нас вопросы; вот эти анализы [в %]:

	Потери при про- каливании	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$CaO$	$MgO$	$K_2O$	$Na_2O$
Андезит	0,44	48,03	20,98	7,67	11,83	7,09	1,19	2,52
Латерит	9,40	37,95	29,03	19,15	0,30	2,34	0,22	0,29

Они дают возможность сделать те же выводы, которые сделал проф. Докучаев, распространив эти выводы на магнезию и щелочи.

Перехожу к собственным наблюдениям и исследованиям.

При экскурсиях в Чакве мое внимание особенно привлекли довольно часто встречающиеся в красной или бурой массе поч-

венных разрезов снежно-белые или слабо-розоватые (иногда желтовато-белые) прожилки, прорезающие выветрившуюся массу в различных направлениях. В некоторых случаях плоскости искусственных разрезов вдоль дороги на чаквинских чайных плантациях перпендикулярны плоскостям простирания жил, в других случаях они образуют с последними различные косые углы. Мощность таких жилок очень невелика, почему собирать материал, слагающий жилки, приходилось небольшими кусочками, чтобы, по возможности, меньше получить посторонних примесей. От последних, однако, трудно было освободиться вполне на месте, да и в лаборатории приходилось получать материал путем медленного механического отбирания, так как с помощью тяжелых жидкостей не удавалось освободиться от небольших примесей гидратов окиси железа, придающих отдельным комочкам указанные выше оттенки.

В одном из образцов среди белой, совершенно рыхлой рассыпчатой массы оказались сростки призматических кристалликов, полупрозрачных, беловатых или бесцветных. Отдельные призмочки срстаются нередко в параллельном или близком к параллельному положению, хотя наблюдаются и другие, более сложные формы срстания. На поверхности кристаллические сростки покрыты местами порошковой белой или слабо-желтовато-бурой массой. Буроватая окраска зависит от присутствия небольших количеств лимонита. Призматические кристаллики при надавливании на предметном стекле стеклянной палочкой распадаются на более или менее прямоугольные осколки не в направлении призматических граней, а в перпендикулярном к ним. Под микроскопом призмочки погасают параллельно своим длинным ребрам и отличаются довольно высоким высоким двупреломлением.

Качественные испытания минерала дали следующие результаты: перед паяльной трубкой не плавится, но расщепляется и ярко светится, в трубочке дает много воды, с азотнокислым кобальтом после прокаливания принимает красивый синий цвет. В соляной кислоте при нагревании легко разлагается, выделяя небольшое количество кремнезема.

Условия залегания этого минерала в средних частях жилок не оставляют сомнения в том, что окружающая его белая рыхлая масса получилась за счет его выветривания. Для разъяснения процесса выветривания был проанализирован как призматический минерал, так и окружающая его белая порошковая масса. Последняя чрезвычайно мелкозерниста, под микроскопом кажется аморфной; уд. вес. 2,20 (определен в тяжелой жидкости). Химический состав белой массы определен следующими данными [в %]:

	Вся вода	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Сумма
I	26,99	37,54	34,72	—	—	99,25
II	26,97	37,77	34,35	0,47	0,56	100,12
Среднее	26,98	37,65	34,35	0,47	0,56	100,01

Для изучения характера воды были поставлены специальные исследования. Вещество прежде всего высушивалось в песчаном эксикаторе, затем над серной кислотой, и, наконец, вода удалялась нагреванием, причем температура постепенно повышалась, начиная от 100 до 400° С и выше. Результаты получились следующие [в %]:

В песчаном эксикаторе:	
Потеря за 1 сутки	1,11
2 суток	1,33
3 »	1,50
Над серной кислотой:	
Потери за 1 сутки	8,70
2 суток	11,14
3 »	11,63
4 »	11,76
5 »	11,89
6 »	11,93
<hr/>	
Всего за 9 суток	13,43
Еще выделилось при 100° С 2,44	
	180° С 0,08
	200° С 0,01
	300° С 0,005
	405° С 1,41

Из приведенных данных видно, что вещество при 100° С выделяет 15,87% воды; между 100 и 400° выделяется всего 0,095%, т. е. совершенно ничтожное количество, и только выше 400° начинает выделяться вторая часть воды; количество этой второй части достигает 11,03%.

Вычисляя частичные\* отношения отдельных окислов в исследованном веществе, получаем:

H <sub>2</sub> O при $t < 400^{\circ}$ С	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0,612	0,619	0,338

Как видно, глинозема здесь несколько больше, чем нужно для отношения Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> к SiO<sub>2</sub> = 1 : 2. Такого избыточного глинозема оказывается 0,0285, что составляет 2,91%. Если предположить, что это количество принадлежит механически примешанному гидрату глинозема, то само вещество будет иметь состав *галлуазита*. Воды, выделяющейся при температуре выше 400° С, окажется в нем почти две частицы, что вполне соответствует данным Ле-Шателье.

Более или менее близкие по составу галлуазиты были исследованы С. John. Согласно описанию исследователя, галлуазит об-

\* Здесь и далее «частичные» означает «молекулярные». — Прим. ред.

разует жилкообразные включения в трахитовой породе в Штирии. Ядро жилок слагается полупрозрачной массой (I), по бокам которой лежит «средняя белая зона» (II), а периферию составляет землистая масса (III). Анализы всех этих трех частей жилы дали следующие результаты [в %]:

	H <sub>2</sub> O при 100° С	H <sub>2</sub> O при про- каливании	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Сумма
I	15,75	13,05	38,37	33,31	100,48
II	14,97	13,23	38,68	33,02	99,90
III	12,30	13,50	40,07	34,53	100,40

Можно думать, что и генезис штирийского галлуазита аналогичен таковому же чаквинскому, и это тем более, что и в массе последнего удалось разыскать в небольшом количестве кусочки в виде корочек плотного опаловидного вещества по краям полупрозрачного. Анализ этого вещества дал следующие результаты [в %]:

	H <sub>2</sub> O при 100° С	H <sub>2</sub> O при про- каливании	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Сумма
	13,89	13,11	36,78	35,38	99,16

Главнейшие отличия опаловидного вещества от порошковатого галлуазита заключаются в том, что первое содержит меньше кремнезема, относительно больше полуторных окислов и воды, удаляемой прокаливанием. Возможно, что мы имеем здесь дело с цементированием галлуазита гидратом глинозема; к сожалению, недостаток материала не позволил проверить это предположение.

Изучение состава кристаллического минерала, залегающего в центре галлуазитовых жил, дало следующие результаты: уд. вес, определенный в тяжелой жидкости, равен 2,0; химический состав таков [в %]:

	H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	Сумма
I	29,75	35,42	29,34	4,20	1,13	99,84
II	29,80	35,38	29,27	4,24	1,17	99,96
III	29,77	35,40	29,30	4,22	1,15	99,84

Вычисляя частичные отношения, получаем:

H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O
1,653	0,580	0,286	0,075	0,018

Из этих отношений усматривается прежде всего, что минерал содержит ничтожное количество оснований: на одну частицу\* глинозема приходится всего 1/3 частицы щелочей и щелочных зе-

\* Здесь и далее «частица» означает «молекула». — *Прим. ред.*

мель. Ввиду того, что у алюмосиликатов обычно на 1 частицу глинозема приходится 1 частица оснований, нужно сделать предположение, что роль основания наряду со щелочами и известью здесь играет вода и что, следовательно, часть воды здесь имеет конституционный характер. При таком предположении получают следующие частичные отношения:

H <sub>2</sub> O (кристал.)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
1,460	0,580	0,286	0,075	0,018	0,193
				0,286	
5,1	2	1		1	

Состав минерала, таким образом, выражается довольно близко формулой (H<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>Ca) Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> · 5H<sub>2</sub>O. Сравнивая полученную формулу с формулой томсонита, мы замечаем, что наш минерал отличается от названного цеолита большим количеством воды, часть которой притом имеет конституционный характер. На основании сказанного мы предлагаем называть минерал *гидротомсонитом*.

Такое соединение могло бы получиться из томсонита при действии на последний воды или воды с углекислотой, так как эти природные реактивы, отнимая от томсонита основания, при параллельном замещении металла основания водородом переведут томсонит в кислую соль, а затем и в кислоту (галлуазит). На превращение томсонита в каолинообразную массу указывалось, между прочим, Zepharovitsch (1873), который, однако, анализом не приводит.

Возможно, впрочем, и другое толкование. Нам думается, что аналогичный процесс выветривания, при упомянутых выше условиях, протекал бы и у сколецита, с той только разницей, что в последнем одновременно должен бы был отщепляться избыточный кремнезем (1 частица). На такие соображения нас наводит анализ несколько выветрившегося цеолита, добытого из шаровых отделеностей чаквинского андезита. Вот этот анализ [в %]:

H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	Сумма
17,35	41,41	31,84	8,82	0,70	100,12

Вычисляя частичные отношения, получаем:

H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O
1,083	0,685	0,311	0,157	0,011

В этом минерале, как и в гидротомсоните, мало оснований, и чтобы отношение оснований к глинозему сделалось равным 1 : 1, пришлось бы часть воды, а именно 0,143, принять за основание. Тогда мы получили бы:

H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
0,940	0,685	0,311	0,157	0,011	0,143
				0,311	
3	2,2	1		1	

При таком предположении оказалось бы, что исследованный материал отличается от сколецита бóльшим содержанием воды и меньшим — оснований и кремнезема, часть которых отщепилась при выветривании сколецита. Дальнейшее выветривание исследованного цеолита привело бы к потере кальция и остального избыточного количества кремнезема и к увеличению количества воды. Таким способом мы получили бы раньше образования галлуазита соединение, близкое к нашему гидротомсониту.

Сообщим некоторые наблюдения над характером воды гидротомсонита [данные в % ]:

В песчаном эксикаторе		10 суток	11,53
в течение суток выдели-		11 »	11,67
лось H <sub>2</sub> O		12 »	11,85
Над серной кислотой:		13 »	11,98
1 сутки	0,08	14 »	12,17
2 суток	7,49	15 »	12,24
3 »	9,05	16 »	12,30
4 »	9,84	17 »	12,34
5 »	10,22	Через два дня на воздухе	10,00
6 »	10,57	возвратилось H <sub>2</sub> O	
7 »	10,87	При нагревании до 100° С	13,80
8 »	11,01	выделяется	
9 »	11,15	При прокаливании »	15,97
	11,31		

Каков бы ни был цеолит, давший начало гидротомсониту,— а что это был цеолит, не подлежит сомнению,— в данном случае интересным является тот факт, что выветривание алюмосиликатов совершается с теми же промежуточными стадиями, как и выветривание простых силикатов, т. е. средняя соль, прежде чем превратиться в кислоту, дает ряд промежуточных кислых солей. Как от оливина через серпентин и ряд более кислых солей мы переходим к кремнекислоте, так от томсонита или сколецита через гидротомсонит и, вероятно, ряд других кислых алюмосиликатов переходим к галлуазиту (кремнеглиноземистой кислоте).

Мы сейчас увидим, что и для полевого шпата наблюдаются такие же промежуточные стадии, раньше превращения его в каолинит.

Ф. Ю. Левинсон-Лессинг (1898) изучал состав нескольких таких продуктов превращения полевых шпатов, причем предложил тот процесс распада, который в данном случае происходит, называть *пелитизацией* в отличие от *каолинизации*, хотя можно не сомневаться в тождестве этих двух процессов. Исследователь, как, впрочем, и многие другие, представлял себе, очевидно, процесс выветривания полевого шпата таким образом, что минерал, разлагаясь, сразу превращается в каолинит, первоначально в тонких поверхностных слоях, а затем все глубже и глубже. Находя из своих анализов, что исследованные им минералы не могут быть

рассматриваемы как смесь каолинита и неразложившего полевого шпата, Левинсон-Лессинг и вывел заключение, что изученные им образцы представляют новый тип выветривания полевого шпата, не имеющий ничего общего с каолинизацией.

Мы рассматриваем процесс каолинизации полевых шпатов существенно иначе, полагая, что начало процесса заключается в выносе части основания с параллельным замещением металла основания водородом. По мере того, как минерал делается этим путем все более и более кислым, отщепляется понемногу и кремнезем, пока количество его не понизится до 2 частиц (на 1 частицу глинозема и 1 частицу конституционной воды). С этой точки зрения понятны нижеприводимые анализы Левинсона-Лессинга, и нельзя не согласиться с его толкованием полученных результатов. Вот эти анализы [в %]:

1. Измененный полевой шпат из порфиритоида:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
50,09	29,64	14,04	1,11	Нет	5,43

2. Пелитизированный полевой шпат (№ VI):

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
59,60	23,66	4,57	6,21	3,72	1,80

По поводу первого из этих анализов исследователь замечает, что считать анализированный минерал за вещество, полученное из анортита, нельзя, ибо в этом последнем случае продукт выветривания содержал бы меньше кремнезема. Следовательно, мы имеем здесь дело с плагиоклазом группы битовнита или лабрадора, где весь натр выщелочен и замещен водой. Если принять, согласно Левинсону-Лессингу, что MgO принадлежит тальку, то окажется, что на 0,290 частиц глинозема в исследованном продукте находится 0,250 частиц основания. Таким образом, из 0,302 частиц воды 0,040 принадлежит основанию, или 0,72% воды заместили 2,48% натра. Остальная часть воды, по-видимому, растворена в силикате.

Аналогичные выводы позволяют сделать и ряд цифровых данных Vogt (1901), относящихся к лабрадору. Анализы [в %] представлены в табл. 1.

Несколько сложнее химический процесс в выветривающихся олигоклазах из турмалинового гранита близ Предаццо, исследованных покойным Lemberg (1870), так как там, очевидно, наряду с выветриванием происходит частичное замещение оснований: извести, магнезии и натрия калием.

Для отыскания продуктов выветривания чаквинского полевого шпата были взяты наиболее светлые (белые) участки полуразложившей породы — шаровой отдельности андезита. Эта полуразложившаяся порода еще довольно тверда, хотя и легко разламывается.

вается на мелкие куски пальцами и без труда растирается в агатовой ступке. Порошок породы был прокипячен с крепкой соляной кислотой, тщательно отмыт затем от последней, отмучен многократно в воде, после чего получилась совершенно белая масса. После высушивания масса подвергнута разделению в бромформе и для анализа собрана наиболее тяжелая фракция, представлявшая скопление мелких зерен снежно-белого цвета, небольшой твердости, раздавливающихся без всякого скрипения в ступке и распадающихся даже под давлением ногтя.

Таблица 1

	Свежий лабрадор	Отчасти каолинизированные лабрадоры		Более или менее чистые каолины	
		I	II	I	II
SiO <sub>2</sub>	54,5	50,03	49,16	48,61	47,72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,0	28,60	29,60	29,45	37,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,5	1,62	1,88	3,40	1,59
CaO	9,0	4,21	3,47	0,68	0,23
MgO	1,0	2,95	1,67	0,49	0,11
Na <sub>2</sub> O	5,0	ок. 1,00	—	—	0,76
K <sub>2</sub> O	1,0	ок. 1,00	—	—	0,44
H <sub>2</sub> O	—	11,90	13,63	16,38	11,66

Чтобы удостовериться в том, что среди полученных зерен нет примеси свободного кремнезема, который мог пристать к зернам при разложении породы соляной кислотой, был сделан опыт с кипячением в растворе соды, давший отрицательные результаты. Что в отделенной фракции зерен не было совсем обломков свежего полевого шпата, доказывается тем, что взятая проба целиком растворяется при кипячении в едком натре, который даже в концентрированном растворе почти не действует на чаквинский полевой шпат.

Под микроскопом тонкий порошок едва заметно действует на поляризованный свет, подобно каолиниту или галлуазиту. Анализ этого вещества (I) дал следующие результаты [в %]:

	H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Сумма
I	11,21	57,08	23,32	1,08	Сл.	0,42	2,82	4,25	100,18
II	0,20	65,49	20,06	—	1,58	0,19	5,92	6,71	100,15

Для сравнения приводим во втором столбце (II) анализ свежего чаквинского полевого шпата. При сравнении цифровых данных двух столбцов нетрудно увидеть, что промежуточный продукт выветривания полевого шпата обеднен основаниями (известь выщелочена совершенно) и отчасти кремнеземом и обогащен во-

дой. В силу этого повысилось процентное содержание полуторных окислов.

Частичные отношения исследованного продукта представляются в таком виде:

H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	S <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
0,572	0,945	0,228	0,009	0,010	0,030	0,069	0,128
		0,237		0,040			
2	4	1		1			

Из вычислений видно, что и здесь, как в предыдущих случаях с цеолитами, части воды приходится приписать конституционный характер, так как в противном случае оказывается мало оснований по сравнению с глиноземом. Таким образом несомненно, что полевои шпат при превращении в каолинит проходит ряд промежуточных стадий в виде кислых солей. Вероятнее всего, что исследованное мною вещество не представляло индивидуума — это смесь нескольких кислых солей. Можно думать, что и южнорусский *пеликанит* относится к той же группе промежуточных кислых солей, являющихся результатом неполного разложения полевых шпатов.

Постепенно отщепляющийся при выветривании полевого шпата кремнезем может иногда и сохраняться в продуктах выветривания в виде опала, как это наблюдается в южнорусском пеликаните. Может быть, сохранение и выщелачивание кремнезема находится в связи с климатом: при более сухом — сохраняется, при более влажном — вымывается и исчезает.

В периферических частях некоторых шаровых отдельностей чаквинских андезитов нетрудно заметить, что и авгит разложен здесь до конца. Вообще же масса таких периферических частей представляет довольно пеструю картину. На общем буроватом фоне легко заметить отдельные снежно-белые пятнышки, причем, прослеживая ряд более свежих образцов, можно убедиться, что эти пятнышки представляют продукт окончательного распада цеолитов, которыми так богаты шаровые отдельности породы. В более свежих кусках породы все гнездышко выполнено блестящими радиально-лучистыми ростками кристаллов цеолита. В несколько разложенных образцах можно заметить, что периферия гнездышек превратилась в непрозрачную матовую массу, рассыпающуюся в порошок; далее все гнездышко превращается в такую массу и, наконец, в последней стадии наблюдается переход в рыхлое глинистое вещество, вполне идентичное с тем галлуазитом, который был описан выше. Кроме пятен галлуазита, наблюдаются выделения гидратов окиси железа и нередко темно-бурые пятна, дающие реакцию на марганец. Окислы железа и марганца и свободно лежащие кристаллики магнитного железняка указывают на полное разложение авгитов.

Так как чаквинские авгиты содержат в изоморфной смеси не только метасиликаты, но и алюмосиликаты, то было основание

предполагать, что последние сохранились в продуктах выветривания. Если принять, что в чаквинском авгите роль растворителя изоморфной смеси играет метасиликат, в котором растворены силикат Чермака ( $\text{RAl}_2\text{SiO}_6$ ) и силикат эгириновый ( $\text{R}_2(\text{Fe}_2\text{Al}_2)\text{Si}_4\text{O}_{12}$ ), то, теоретически представляя себе ход выветривания авгита, нужно думать, что начало этого процесса состоит в разрушении метасиликата, количественно сильно преобладающего. Конечный распад этого последнего должен повести к образованию углесоей извести и магнезии, выделению гидратов окиси железа, находившейся в силикате в закисном состоянии, и выщелачиванию кремнезема. При тех условиях климата, которые существуют в Чакве, нельзя, конечно, ожидать сохранения в продуктах выветривания углесоей; в глубине же по трещинам материнской породы они, как мы видим, отлагаются (кальцит, по крайней мере). Кремнезем также уносится из продукта выветривания; по крайней мере, его нельзя констатировать ни в виде опала, ни в виде кварца.

Что же должно было произойти с алюмосиликатной частью авгита, когда ее растворитель — метасиликат — разложился до конца? Очевидно, она должна была выделиться из раствора и продолжать процесс выветривания по тому же направлению, по которому выветриваются вообще алюмосиликаты под влиянием воды и  $\text{CO}_2$ . Результатом такого процесса явилось бы образование какой-то кремнеглиноземистой или кремнежелезистой кислоты.

Таким образом, теоретическое рассмотрение вопроса приводит к необходимости искать в продуктах выветривания Чаквы алюмосиликатной части авгита в виде кислоты или в виде кислой соли. Попытка отыскать такое соединение увенчалась успехом. Если прокипятить с крепкой соляной кислотой буроватую массу наиболее выветрившихся продуктов чаквинской породы и отмутить затем водой тонкие частицы галлуазита, то остается слабо-зеленоватый во влажном и сероватый в сухом состоянии зернистый порошок. Этот последний после высушивания был всыпан в делительную воронку с бромформом, причем для исследования собрана наиболее тяжелая фракция. Вещество оказалось целиком кристаллическим и даже самые мелкие его частички не только ясно, но и сильно действовали на поляризованный свет. Более крупные частицы мало прозрачны, но если их раздвинуть на предметном стекле — а раздавливаются они легко, без скрипения — то они распадаются на ряд неправильной формы листочков, ясно двупреломляющих. Уд. вес выделенного таким образом силиката колеблется между 2,387 и 2,411, ближе к первой цифре (определен в жидкости Тулэ). Его состав определяется следующими данными:

	$\text{H}_2\text{O}$ при 100° С	$\text{H}_2\text{O}$ при про- каливании	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MgO	Сумма
[%]	10,46	14,63	50,08	28,97	5,60	0,64	99,92
[г-моль]	—	0,812	0,844	0,283	0,035	0,016	—

Этот анализ, думается, подтверждает теоретические соображения относительно хода процесса выветривания авгита, развитые несколько выше. Очень простые вычисления показывают, что метасиликат, если и не совсем, то в очень значительной части разрушен и выщелочен. В самом деле, если представить, что метасиликат не разрушается, а происходит лишь замена металлов его оснований водородом, причем кремнезем остается, то мы должны бы были в результате такой реакции получить продукт следующего процентного состава:

H <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O
70,16	8,07	2,44	19,31

На самом деле получился продукт с количеством глинозема в 3,5 раза бóльшим, из чего ясно, что метасиликат разрушен.

В полученном продукте выветривания отношение частиц полуторных окислов к кремнезему равняется 1 : 2,6. Вещество своим составом несколько напоминает так называемый цимолит \* из билинского авгита, хотя ни у одного из исследователей этого вещества нет указаний, анализировали ли они чистое однородное вещество (такое в составе билинских псевдоморфоз имеется) или о чистоте анализированного продукта особенно не заботились. Вернее, по-видимому, последнее. Анализ [в %] von Hauer дает следующие цифры (I):

	H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
I	10,58	56,50	26,06	5,44	0,90	0,58
II	12,64	50,75	33,34	2,45	0,32	0,27

Для сравнения привожу данные В. П. Смирнова (II), анализировавшего тщательно отделенную кристаллическую часть псевдоморфоз.

Думается, однако, что термин «цимолит» (по отношению к билинскому веществу правильнее «анауксит») должен представлять такое же сборное понятие, как и термин «авгит». Из предыдущих соображений ясно, что в зависимости от тех отношений, какие существуют в различных авгитах между алюмосиликатными ядрами  $RAl_2SiO_6$  и  $R_2(Fe_2Al_2)Si_4O_{12}$ , при выветривании должны получаться и различные по составу *цимолиты* или *анаукситы*.

В продуктах выветривания чаквинских пород удалось найти один экземпляр превосходно сохранившейся псевдоморфозы по авгиту. На псевдоморфозе чрезвычайно ясно различаются: широко развитые грани пинакоида (100), слабее развитые грани (100), грани призмы, пирамиды и узкая грань домы. Составлена псевдоморфоза цимолитом, к которому механически примешаны гидраты окиси железа, легко удаляемые кипячением с соляной кислотой, после чего псевдоморфоза не распадается.

\* Цимолит — смесь глины и алуниита. (X. Штрунц. Минералогические таблицы. М., 1962, стр. 480). — *Прим. ред.*

Чтобы закончить с процессами выветривания в Чакве, нам остается еще рассмотреть вопрос о гидратах глинозема, гидратах окиси железа, придающих окраску продуктам выветривания, и о выделениях соединений марганца.

При описании галлуазита мы привели некоторые соображения, говорящие за то, что последний минерал содержит, по-видимому, небольшие количества гидратов глинозема. Опыты проф. П. А. Земятченского (1899), по нашему мнению, скорее подтверждают наши соображения о существовании гидратов глинозема среди продуктов выветривания Чаквы. Исследуя этот вопрос, я пробовал применить, с целью отыскания гидратов глинозема, раствор соды, достаточно энергично растворяющий эти соединения и сравнительно слабо действующий на алюмосиликаты.

Первая проба была произведена с тем образцом, из которого был добыт промежуточный продукт выветривания полевого шпата. В этом образце содержатся, между прочим, полуразложившиеся цеолиты. После трехкратного кипячения порошка породы с раствором соды, каждый раз не более 5 мин., в фильтрате было определено [в % ]:

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
2,86	0,36

Полученные цифры могли бы говорить за присутствие в породе гидратов глинозема, если бы в ней не было цеолитов. Дело в том, что, как показали мои прежние опыты над действием на известковые цеолиты едкой щелочи, эти минералы отдадут в раствор глинозем и кремнезем не в тех отношениях, в каких они входят в состав цеолита: глинозема получается несколько больше. Я объяснял себе данное обстоятельство тем, что при растворении цеолита кремнезем его отчасти связывается известью, образуя непрочное соединение. При действии соды возможно, впрочем, иное толкование: если раствор кремнекислого натра встречает бикарбонат извести, говорит Lasaulx (1882), то образуются углекислый натр и известь, а свободный кремнезем выделяется.

Для второго опыта была взята совершенно выветрившаяся масса, не содержащая цеолитов, но заключающая очень кислые соли, продукты неполного выветривания авгита, с небольшими количествами извести и магнезии. Ее обработка по тому же способу, что и в первом опыте, дала следующие результаты:

	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
[ % ]	2,72	1,37
[г-моль]	0,026	0,022

Отношение Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : SiO<sub>2</sub> = 1 : 1.

Ввиду присутствия, хотя и небольших количеств, извести и магнезии в исследованной пробе, нет полной уверенности в том,

что она содержала гидраты глинозема. Таким образом, если сделанные опыты и не прибавляют доказательств того, что чаквинские продукты выветривания содержат гидраты глинозема, то они позволяют с достаточной долей вероятности полагать, что таковые могли образоваться здесь<sup>1</sup> и их нужно будет лишь внимательнее поискать\*. Кроме того, те же опыты дают возможность наметить способ, с помощью которого могут получаться и переноситься в растворах гидраты глинозема. Что последние действительно переносятся в растворах, доказывает присутствие натечных масс гидрагиллита в латеритных почвах.

Надо полагать, что стекловатые изверженные породы основного характера представляют наиболее благоприятные условия для образования гидратов глинозема, так как в них часто встречаются цеолиты и в значительных количествах могут получаться при выветривании растворы углекислого натра. Эти именно растворы при наличии полуразложившихся известковых цеолитов, а может быть и других кислых алюмосиликатов, в присутствии растворов бикарбоната извести, и являются, по нашему мнению, причиной отделения и переноса в растворе глинозема. Содержавшийся в тех же растворах кремнезем может предварительно выделяться под влиянием двууглекислой извести.

Что касается гидратов окиси железа, то таковых среди чаквинских почв имеется, по крайней мере, два. В нижних частях склонов чаквинских холмов наблюдаются нередко конкреционные формы гидратов окиси железа. Правда, эти конкреции не имеют того характера, каким отличаются аналогичные образования тропических латеритов. Здесь гидраты не слагают всех конкреций целиком, а лишь цементируют другой тонкозернистый материал, тем не менее в этих образованиях гидраты окислов железа концентрируются в значительно больших количествах, чем в остальной массе породы. В большинстве случаев конкреции мягки и разламываются руками, а некоторые их участки растрескиваются между пальцами в тонкую пыль. Интересно, что в каждой почти конкреции наблюдаются два различных гидрата: один красный, слагающий главную массу конкреции, другой — желтый, образующий внешнюю оболочку и забирающийся иногда и в глубь конкреции.

В большинстве случаев гидраты смешаны с различными богатыми водою глинистыми веществами и отделить их, несмотря на разнообразные попытки, не удалось. В одной лишь конкреции были найдены небольшие углубления, в которых красный гидрат

---

<sup>1</sup> Уже после того, как начала печататься работа, мне удалось найти в смеси с гидротомсонитом гидрат глинозема.

\* Предположение К. Д. Глинки оказалось справедливым. В 1957 г. М. Я. Никанорова на основании микроскопического анализа доказала присутствие в красноцветной коре Аджарии гидрагиллита. (Бюлл. МОИП, отд. геол., 1957, вып. 6, стр. 145). — *Прим. ред.*

смешан с тонким порошком какого-то маловодного белого кристаллического минерала. Полного анализа последнего сделать не пришлось, так как было мало вещества, но, судя по тому, что он не разлагался соляной кислотой, содержал кремнезем, глинозем и мало воды, можно думать, что это был выветривающийся полевой шпат.

Исследование было поставлено таким образом: проба, взятая для анализа, делилась на две порции, причем в одной из них определялась после высушивания вода при прокаливании, другая же быстро обрабатывалась кипящей 10%-ной соляной кислотой, в фильтрате определялась окись железа, а в остатке, после высушивания его до 150° С, определялась вода при прокаливании. Произведенные вычисления показали, что на 17,38% окиси железа приходится 1% воды, что соответствует содержанию воды в турьите. Характер другого или других гидратов железа выяснить пока не удалось.

То же самое следует заметить и относительно соединений марганца, которые в виде темно-бурых пятен рассеяны в выветрившейся массе на перифериях шаровых отдельностей андезита. Попытка выделить с помощью тяжелой жидкости соединения марганца не удалась. Оказалось возможным обособить ту часть смеси, которая содержит больше марганца. Судя по аналитическим данным, можно думать, что выделенное таким образом вещество представляет кислый алюмосиликат, один из промежуточных этапов разложения авгита, смешанный с гидратами железа и каким-то соединением марганца. Это соединение легко извлекается соляной кислотой с выделением хлора и дает явственную цветовую реакцию по Фадееву. Интересно, что после прокаливании смеси, где находится марганцевое соединение, последнее уже не реагирует на холоду с соляной кислотой и даже при нагревании вступает в реакцию с трудом. В выделенной из тяжелой жидкости смеси определено 4,39%  $Mn_2O_4$ .

Резюмируя все сказанное до сих пор о чаквинских почвах, следует прийти к заключению, что все наблюдавшиеся здесь процессы превращений обусловлены действием воды и углекислоты и частью углекислых щелочей при сравнительно высокой температуре. Действие последней сказывается, по нашему мнению, в образовании турьита. Сколько-нибудь ясно выраженных явлений органического выветривания здесь не наблюдается.

Все это сближает чаквинский тип выветривания с субтропическим, представляющим, в свою очередь, несколько ослабленный тип латеритного выветривания. Поэтому чаквинские почвы не могут быть отнесены к латеритам в строгом смысле, а должны быть причислены к группе *красноземов* влажных субтропических районов.

## Выветривание биотитов в юго-западной России

В предыдущем очерке мною были рассмотрены процессы выветривания полевого шпата, авгита и частью цеолитов. Первый из этих минералов, согласно воззрениям проф. В. И. Вернадского, может считаться представителем алюмосиликатов со слюдяным ядром без всяких побочных ядер; рассмотренные цеолиты представляют твердый раствор в слюдяных же ядрах воды, а авгиты являются изоморфными смесями слюдяного, хлоритового и безглиноземного (метакремнекислого) ядер. Теперь нам предстоит остановиться на процессах распада более сложно построенных веществ, представляющих продукт присоединения к слюдяному ядру другого силикатного ядра. Таковыми и являются биотиты.

Согласно воззрениям Чермака, биотит есть продукт присоединения к слюдяному (мусковитому) ядру ортосиликатного (оливинового) ядра. Его состав выражается формулой  $m(\text{K}, \text{H})_2(\text{Al}, \text{Fe})_2 \cdot \text{Si}_2\text{O}_8(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ .

Несмотря на то, что биотит представляет весьма распространенный минерал, мы почти не имеем сколько-нибудь подробных химических исследований, которые позволили бы шаг за шагом проследить процесс распада этого соединения в поверхностных горизонтах земной коры.

В известном компендиуме Roth так называемому простому выветриванию слюд посвящено всего 18 строк. Значительно больший материал имеется по вопросу о превращении биотита в хлоритовые минералы, хотя и этот вопрос далеко не может считаться разработанным.

В 1898 г. появилась диссертация Zschimmer, едва ли не впервые, с помощью ряда анализов последовательных продуктов распада биотита, пытавшаяся выяснить ход выветривания этого минерала. В литературной части своей работы исследователь счел возможным сделать ссылки лишь на компендиумы Zirkel (1893), Rosenbusch (1898).

Zirkel (1893) по данному вопросу сообщает следующее: «При превращении слюды, с одной стороны, происходит просто выцветание, которое, кажется, зависит от выщелачивания железа, с другой — образование хлорита и сопровождающих веществ. В первом случае бурая окраска по краям переходит в зеленую, которая затем постепенно, через ряд бледных тонов, доходит до серебристо-серой... При этом процессе, по крайней мере долгое время, сохраняются оптические свойства, лишь плеохроизм испытывает некоторое ослабление... Такой вторично обесцвеченный биотит не может быть, конечно, смешиваем с мусковитом».

Rosenbusch (1898) характеризует процесс следующим образом: «Выветривание отнимает у лепидомелана почти металлический блеск на спайных плоскостях и упругость и превращает его в мягкий зеленый хлорит с зеленовато-серой чертой, часто при одновременном образовании карбонатов и пистацита. При начале

выветривания выделяется в большом количестве гидрат окиси железа, который облекает и пронизает все составные части породы... Сам биотит сохраняет свой вид, но более или менее совершенно обесцвечивается и делается похожим на мусковит или тальк. Смешение с тальком тем легче, что минерал, подобно последнему, получает жирный блеск».

Наконец Sauer считает, что значительные различия в анализах слюд, особенно в количествах закиси железа, могут быть объяснены тем, что биотиты в различных частях области (речь идет о Саксонии.— К. Г.) в различной степени выветрели. В большинстве случаев при начале выветривания биотит принимает зеленоватый цвет при одновременном выделении рутила. Далее он получает серебряный блеск и в этой стадии едва отличим от первого мусковита.

Эти данные, как справедливо замечает Zschimmer, указывают на два направления процесса распада биотита: на хлоритизацию и на выцветание, причем точных исследований этих процессов не сделано.

Объектами для исследований Zschimmer послужили образцы биотита из гранита Schneidemüllerskopf в Тюрингенском Лесу. При выветривании черный биотит принимает красновато-бурую или томбаково-бурую окраску. Совершенно выцветшие латуно-желтые или серебристо-белые пластинки слюды находятся только в хрупкой корке отдельных кусков гранитита. Кристаллы биотита в свежей породе содержат богатые включения магнетита и кроваво-красные пластинки гематита, а изредка и иглы рутила.

Таблица 2

	I	II	III	IV	V	VI
	Уд. вес					
	3,09	3,00	2,94	2,86	2,82	2,78
SiO <sub>2</sub>	32,746	35,282	35,693	33,930	35,880	36,873
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,786	15,628	17,849	16,018	18,878	21,210
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,535	16,265	18,614	17,750	14,974	11,965
MgO	10,250	12,303	11,826	13,529	13,660	12,339
CaO	3,086	4,592	2,222	4,851	4,339	4,784
FeO	5,355	8,064	4,640	3,685	3,686	3,633
K <sub>2</sub> O	4,299	5,342	3,271	3,294	2,249	2,364
Na <sub>2</sub> O	—	0,218	0,394	—	—	—
H <sub>2</sub> O	3,792	5,381	5,816	7,801	7,734	7,636
TiO <sub>2</sub>	1,852	0,807	0,144	1,227	1,237	1,611
Сумма	99,701	100,982	100,469	99,085	99,646	99,415

При выветривании иглы рутила накаплиются; железный блеск появляется в сростании с магнетитом в отдельных участках по трещинам спайности. Иногда, в качестве новообразования, появляется хлоритовый минерал.

Материал для своих химических и физических исследований Zschimmer получал, отделяя в жидкости Тулэ фракции с различными удельными весами. Изучение физических свойств в различной степени разложенных биотитов приводит исследователя к заключению, что процесс обесцвечивания ведет к образованию из биотита таких продуктов, оптические свойства коих изменяются в таком направлении, как если бы биотит превращался в минерал, подобный калийной слюде.

Цвета исследованных продуктов постепенного распада биотита изменялись начиная от смоляно-черного до светлого серебристо-серого, а блеск — от стеклянного до металловидного. Результаты аналитических исследований [в %] приведены в табл. 2.

Из предыдущего изложения и из сообщенных анализов видно, что исследователь имеет дело лишь с первичными стадиями выветривания биотита, а следовательно, все его выводы могут быть в большей или меньшей степени справедливыми лишь по отношению к этим последним стадиям. Заключение Zschimmer мы выписываем, по возможности, целиком; они таковы:

1. Калий в мусковитовом ядре уменьшается в количестве, уступая место водороду, причем, по-видимому, изменение первоначального отношения этих двух радикалов совершается с трудом, так как только в третьем (III) образце слюды коэффициент  $N:K$  возрастает до 6:2, затем повышается до 7:2, до 8:2 и только в конце ряда происходит сильное увеличение до 14:2.

2. Окись железа, которая в свежем биотите наполовину замещает глинозем, скоро исчезает из мусковитового ядра. Если в слюде № 11 отношение  $Al_2O_3:Fe_2O_3$  уже достигает величины 9:2, тогда как в следующем силикате оно еще равно 7:2, то эту неправильность можно объяснить тем, что для № 11 отношение мусковитового силиката к оливиновому несколько низко не в пользу железа, а именно  $K:M = 1,67:1$ . Затем,  $Fe_2O_3$  в силикате  $K$  постепенно убывает и, наконец, почти совершенно исчезает.

Как показывает исследование включений окиси железа, освободившаяся  $Fe_2O_3$  кристаллизуется первоначально в виде железного блеска, но так как с течением времени выделяются новые количества окиси железа, которые постепенно гидратируются и удаляются, то накопление железного блеска в средних членах ряда и затем последующее его убывание становятся понятными.

3. Аналогично окиси железа идет дело и с закисью в силикате  $M$ . Она постепенно уходит из соединения, однако не так легко, как окись. Данное обстоятельство указывает на то, что соединения  $MgO$  и  $FeO$  в оливиновом силикате  $M$  относительно трудно

растворяются, оставаясь еще и тогда, когда окись железа почти совершенно ушла из силиката К.

Конечный результат химических исследований таков: биотит, подвергаясь выцветанию, превращается не в мусковит, но, как и прежде, остается соединение алюмосиликата К с безглиноземным силикатом М. Внутри этих обоих силикатов протекает процесс превращения, который должен быть рассматриваем таким образом, что соединение  $(K, H)_2Fe_2Si_2O_8$  выщелачивается из ядра К, а калий в соответственном кремнеглиноземистом ядре замещается водородом, причем одновременно из оливинового ядра М постепенно исчезает соединение  $Fe_2SiO_4$ . Оба первых процесса протекают скорее последнего и в результате остается силикат, представляющий состав  $2H_2Al_2Si_2O_8 \cdot Mg_2SiO_4$ .

По отношению к оптическим свойствам Zschimmer указывает, что при прогрессирующем выцветании исчезают абсорбции и плеохроизм, в то же время возрастает величина угла оптических осей и уменьшаются показатели преломления, причем может произойти появление наряду со слюдой 2-го рода слюды 1-го рода.

Наконец, исследователь устанавливает известную зависимость между величиной угла оптических осей и отдельными химическими ингредиентами биотита, которую он выражает формулой

$$2Ea = f \frac{(K_2O + F) + FeO + MgO}{(K_2O + F) + FeO}.$$

Оставляя в стороне выводы Zschimmer касательно оптических свойств исследованных продуктов выветривания биотита (положения об изменении абсорбции, плеохроизма, об увеличении угла оптических осей мы могли бы подтвердить), остановимся на химической части работы.

Прежде всего нам представляется недоказанным, что вместе с железным блеском при разложении биотита выделяется и магнитный железняк, так как исследователь не упоминает в своей работе, какими признаками он руководился при определении последнего. Может быть, более вероятным явилось бы выделение ильменита, включения которого, как увидим ниже, наблюдаются в разлагающемся биотите, содержащем титановую кислоту.

Другие выводы автора в области толкования химических процессов во многих случаях недостаточно обоснованы, главным образом ввиду того, что он изучал лишь первые стадии процесса и не знаком с конечными фазами такового. Что калий мусковитового ядра замещается водородом, с этим можно вполне согласиться, так же, как и с тем, что силикат  $(KH)_2Fe_2Si_2O_8$  при выветривании биотита в конце концов исчезает. Но заключение о большей энергии распада этого силиката по сравнению с оливиновым, по моему мнению, неправильно, как неправильно и суждение о составе конечного продукта выветривания биотита.

Помимо указанных неточностей, исследования Zschimmer и неполны: ему удалось исследовать начало лишь одного типа прев-

ращения биотита, в природе же, как отметил и автор, различали два таких типа. Считаю нужным теперь же отметить, что, согласно моим наблюдениям и исследованиям, таких типов существует не два, а три.

Исходным материалом для моих исследований процессов выветривания биотита послужили весьма интересные образцы, давно находившиеся в коллекции кабинета почвоведения Ново-Александрийского института. Образцы эти, как записано на этикетке покойным проф. Малевским, взяты им в Белой Церкви Киевской губернии на берегу р. Роси, между городом и парком Александрия. Самый образец обозначен так: «выветрелый гранит, богатый слюдой, отчасти превратившийся в каолин, образует гнезда и жилы в серовато-белой глине».

На самом деле, взятый образец из составных частей гранита содержит лишь биотит, а вместе с последним целый ряд продуктов его распада, представляя, таким образом, крупное гнездо выветривающегося биотита среди разрушенной массы бывшего гранита. Точнее выяснить условия залегания таких биотитовых гнезд при осмотре берегов р. Роси на указанном Малевским протяжении не удалось, место же нахождения серовато-белой, правильнее — синеvато-белой, глины определено. Эта глина лежит под несколько заболоченными почвами берега р. Роси и выступает кое-где в мелких ямках, из которых, по-видимому, местные жители изредка берут глину в небольших количествах для различных надобностей. В этом же районе удалось найти отдельные куски серого многослюдистого гранита, из которого и добыт свежий биотит, давший начало разнообразным продуктам выветривания, выделенным из образцов Малевского.

Данная разность гранита довольно значительно отличается от других разностей развитых по обоим берегам р. Роси гранитов, то красных крупнозернистых с жилами кварца и весьма крупного мясокрасного ортоклаза, то серых мелкозернистых. Как особенно богатая биотитом, она, по-видимому, больше других разностей подверглась процессам разрушения, почему и не выступает нигде на поверхность, тогда как другие разности образуют местами довольно значительные скалы.

Из условий залегания синеvато-белой глины видно, что ее образование происходило не только под влиянием воды и углекислоты, но и при участии органических веществ почвенной массы, которые ввиду слабого заболачивания почвы могли просачиваться в глубину в значительных количествах и влиять восстанавливающим образом на некоторые продукты распада составных частей гранита. С этим вопросом, как увидим ниже, нам придется считаться при характеристике процессов выветривания биотита.

Первичный свежий биотит, добытый из гранита, имеет вороночный цвет и стеклянный блеск; цвет порошка черно-серый. Уд. вес его, определенный в жидкости Тула, равен 3,11 при 20° С. В проходящем свете его спайные пластинки имеют бурова-

тую окраску. Никаких включений биотит не содержит. Его состав определяется следующими данными [в %]:

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Сумма
36,63	1,28	17,37	6,75	15,41	9,73	0,23	1,04	8,15	0,94	2,37	99,90

Большая часть пластинок слюды, входящих в состав образцов Малевского, достигла той степени разложения, которая характеризуется серовато- или буровато-серебристым оттенком, но изредка попадаются участки более темной буро-золотистой слюды, принимающей иногда зеленоватый оттенок. Уд. вес этой темной разновидности достигает 2,83 при 18,5° С. Как видно, разница между уд. весом золотистой слюды и описанной выше свежей черной настолько велика, что не может быть сомнения в существовании промежуточных между ними стадий разложения. К сожалению, таковых в наших образцах не оказалось. Таким образом, мы имеем известный пробел в серии первоначальных продуктов распада, но таковой, до некоторой степени, восполняется анализами Zschimmer.

В проходящем свете листочки золотистой слюды окрашены в желтовато-бурый цвет. Плеохроизм выражен еще довольно ясно: по направлению оптической нормали — бурый, по направлению дополнительной линии — зеленоватый ( $c > b$ ). Пластины слюды переполнены включениями, то имеющими форму неправильных зерен, то являющимися в виде ясно выраженных шестиугольных разрезов. Изредка попадаются прямоугольные, почти квадратные разрезы, а чаще — более сложные с разнообразно разбедненными и зубчатыми контурами. После сплавления с содой, выделяющейся при растворении сплава, кремнезем принимает красновато-бурый оттенок (от примеси титановокислого железа); вместе с кремнеземом выделяется и значительное количество тонкого кристаллического порошка, который удалось изолировать и изучить отдельно. Такое изучение показало, что включения в пластинки слюды принадлежат ильмениту. Под микроскопом изолированные зерна его имеют по большей части неправильные очертания, цвет их черный со слабым буроватым оттенком. Простой магнит на них не действует, но они слабо действуют на магнитную стрелку. После сплавления с кислым сернокислым калием в растворе с серной кислотой получается весьма явственная цветовая реакция на титановую кислоту. Качественная проба указала на присутствие в составе ильменита значительного количества магнезии.

Тонкий порошок описываемой разновидности слюды имеет серый цвет. Ее состав определяется следующими данными [в %]:

H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Сумма
5,05	34,71	3,19	15,46	12,56	2,80	15,77	1,89	0,80	7,32	0,68	100,23

Сравнивая состав данного продукта выветривания с составом свежей слюды, нетрудно видеть довольно крупные различия, ко-

торые, однако, легко объяснимы. Если предположить, что силикат состава  $(K, H)_2Fe_2Si_2O_8$ , а также и силикат  $(Mg, Fe)_2SiO_4$  разлагаются, причем  $Fe_2O_3$  и частью  $MgO$  не выщелачиваются из минерала, а вместе с  $TiO_2$  идут на образование ильменита, который временно накапливается в продуктах выветривания, то нетрудно понять, что при данных условиях должны возрасти процентные отношения  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$  и  $MgO$ . Наоборот, количество  $FeO$ , выщелачиваемой из минерала, а также и количество щелочей должно понизиться. Небольшое понижение процентного содержания глинозема, который, конечно, целиком сохраняется, легко объясняется тем, что в данном случае анализируется не чистая слюда, а разбавленная посторонней примесью (ильменитом).

На поверхности кусочков, сложенных темно-золотистой слюдой, появляются изредка отдельные листочки, в значительной степени обесцвеченные; одни из них сохраняют еще не только внешний вид, но и многие свойства слюды (прозрачность, отчасти упругость, твердость и спайность) — это серебристо-желтоватые листочки; другие, сохраняя лишь форму и частью спайность слюдяных пластинок, теряют остальные свойства слюды. Эти последние, матово-белые со слабым перламутровым блеском, непрозрачные листочки становятся мягкими, легко раздавливаются стеклянной палочкой в порошок, который под микроскопом обнаруживает, однако, совершенно ясно листоватое строение. Более крупные листочки в проходящем свете имеют грязновато-серый цвет и содержат грязно-бурые неправильные пятна (лейкоксен?). Двупреломляемость сохраняется достаточно ясная и в этих листочках.

Как уже упоминалось выше, в гораздо больших количествах, чем темная золотистая слюда, встречается в исследованных образцах светлая серебристая слюда со слабым буроватым или желтоватым оттенком. На поверхности ее комочков, как и у темной слюды, попадаются матово-белые хрупкие псевдоморфозы по биотиту, о составе которых будет сказано ниже.

В проходящем свете серебристая слюда отличается от темной тем, что имеет более бледную буровато-желтую окраску. Плеохроизм того же характера, что и у темной слюды, но выражен несколько слабее. От включений остались, по-видимому, частью псевдоморфозы, частью просто пустоты, сохранившие форму включений и окрашенные в бурый цвет. По крайней мере, после сплавления с содовой порошок ильменита не выделяется, хотя кремнезем и окрашивается в розовато-бурый цвет гораздо более светлого оттенка, чем у золотистой слюды.

Как видно из приводимых ниже аналитических данных, титановой кислоты в этой разности уже немного. Состав серебристой слюды таков [в %]:

$H_2O$	$SiO_2$	$TiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$MgO$	$CaO$	$K_2O$	$Na_2O$	Сумма
5,44	40,93	0,46	19,43	8,92	1,94	13,80	0,50	7,52	0,87	99,81

Уд. вес ее около 2,80 при 18,5° С. Порошок имеет светло-серый цвет.

Более глубокую фазу разложения, чем серебристая слюда, представляют слабо-зеленоватые пластинки, которые были, однако, выделены из исследованных образцов в таком небольшом количестве, что анализ их не мог быть произведен. Белые мягкие пластинки, о которых говорилось несколько выше, удалось добыть лишь в количестве, достаточном для одного полного анализа. В тесном соединении с этими пластинками, отличающимися слабым перламутровым, шелковистым, а иногда жирным блеском, находятся мельчайшие зернышки кварца, произошедшие несомненно вторично, как результат распада слюды. Тонкий порошок описываемых белых пластинок имеет едва уловимый зеленоватый оттенок. Состав их таков [в %]:

H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Сумма
12,76	43,36	34,31	3,98	2,43	Сл.	2,67	0,33	99,84

Интересно, что местами в пунктах залегания белых пластинок сохранились в небольших количествах гуминовые вещества.

Уже рассмотренные аналитические данные позволяют заключить, что выводы Zschimmer о последовательности распада отдельных ядер биотита и о составе конечного продукта этого распада неправильны. Еще яснее это будет видно из следующей серии анализов. Раньше чем перейти к этой последней, предлагаем для более удобного обозрения сводную таблицу (табл. 3) состава пластинчатых продуктов выветривания биотита [в %].

Таблица 3

	Свежий биотит, уд. вес 3,11	Темный золотистый биотит, уд. вес 2,83	Серебристый биотит, уд. вес 2,80	Белые пластинки с еле заметным зеленоватым оттенком
H <sub>2</sub> O	2,37	5,05	5,44	12,76
SiO <sub>2</sub>	36,63	34,71	40,93	43,36
TiO <sub>2</sub>	1,28	3,19	0,46	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,37	15,46	19,43	34,31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,75	12,56	8,92	3,98
FeO	15,41	2,80	1,94	—
MnO	1,04	0,80	—	—
MgO	9,73	15,77	13,80	2,43
CaO	0,23	1,89	0,50	—
K <sub>2</sub> O	8,15	7,32	7,52	2,67
Na <sub>2</sub> O	0,94	0,68	0,87	0,33
Сумма	99,90	100,23	99,81	99,84

Другую серию продуктов выветривания той же слюды представляют порошкообразные вещества. Особенно интересны среди исследованных образцов чрезвычайно плотные комки, покрытые с поверхности слоем пластинок серебристой слюды, а внутри содержащие зеленое порошковатое вещество, тесно перемешанное с темно-золотистыми листочками слюды, имеющей также зеленоватый оттенок. Комки настолько плотны, что не всегда разламываются руками; иногда их приходится разрезать ножом.

Отделить зеленый порошок от сопровождающих его пластинок зеленоватой слюды можно и с помощью тяжелой жидкости, но еще легче просеиванием через шелковое сито с отверстиями в 0,1 мм. Тем и другим способами были получены две разности: одна — более ярко-зеленого цвета, обозначенная в нижеприводимых анализах цифрой I, другая — грязновато-зеленого оттенка, напоминающего цвет растертого нюхательного табака (II). В зеленом порошковатом веществе простым глазом не удастся подметить какого-либо определенного строения, под лупой можно видеть отдельные очень мелкие листочки, под микроскопом же вся масса оказывается состоящей из мелких ясно двупреломляющих листочков. На более крупных из них можно иногда подметить следы спайности, присущей слюде; такие отличаются обычно несколько желтоватым оттенком. Можно думать, что мы имеем здесь механическую смесь двух ясно кристаллических веществ, представляющих последовательные стадии распада биотита. Количественно сильно преобладает в этой смеси стадия большого разложения, представленная мелкими неправильными зеленоватыми листочками. Разделить эти две стадии оказывается невозможным, так как они обладают очень близкими уд. весами. После прокаливании зеленый порошок принимает красновато-бурую окраску. Химический состав зеленого вещества выражается следующими данными [ в % ]:

	H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Сумма
I	9,24	48,67	0,20	23,60	10,03	1,57	3,01	Сл.	2,92	0,31	99,95
II	10,88	48,82	0,21	23,77	9,89	0,76	2,73	Сл.	2,60	0,28	99,94

Уд. вес первой разности — 2,68, второй — около 2,59 при 18,5° С. Хотя по составу оба вещества очень близки, тем не менее ясно, что первое представляет стадию меньшего разложения, чем второе.

Следует еще отметить, что в массе зеленого порошка сравнительно редки зернышки вторичного кварца, которые мы уже встречали в сочетании с белыми пластинками и встретим еще в дальнейшем описании. Вместе с тем среди зеленого вещества присутствуют иногда мелкие пятнышки лимонита, которого вообще совсем не наблюдается с другими продуктами выветривания белочерковского биотита. Между тем, в иных случаях лимонит представляет довольно обычную примесь к продуктам выветривания магнезиальной слюды. Мне пришлось, например, наблюдать при-

сутствие этого гидрата в значительных количествах вместе с выветривающейся слюдой в гранитах и пеликанитах сел Хажина и Жежелева Бердичевского уезда. В двух последних случаях выветривание биотита происходит в области деградированных черноземов, частью слабоподзолистых почв, а в Белой Церкви, как мы уже знаем, оно связано с почвами полуболотными. В последнем случае количество просачивающейся влаги и растворов органических веществ, несомненно, больше, чем в первых. Этим и объясняется легкое выщелачивание выделившихся окислов железа среди полуболотных почв.

В гораздо большем количестве, чем только что описанное зеленое вещество, встречается в комбинации с серебристой слюдой белое порошковатое вещество, лишь местами обнаруживающее на глаз тонкое листоватое строение. При беглом осмотре минерал может быть принят за каолинит, за каковой его и описал Малевский. Однако от обычных разновидностей каолина, полученного путем выветривания полевых шпатов, описываемое вещество несколько отличается своим иногда слабо жирным блеском. Под микроскопом оно, как и зеленое, распадается на ряд неправильных мелких листочков, двупреломление которых совершенно ясно даже без помощи гипсовой пластинки, хотя оно значительно слабее, чем у зеленого вещества. Вполне прозрачны только очень тонкие листочки, если же они соберутся группами, то такие скопления становятся непрозрачными и производят впечатление аморфного вещества.

Белый каолинообразный порошок весь переполнен мелкими зернами вторичного кварца. Редко можно наблюдать сколько-нибудь крупные, совершенно однородные и цельные зерна последнего. По большей части крупное зерно даже на глаз представляется составленным как бы из нескольких более мелких зерен. Под микроскопом иные зерна обнаруживают нечто вроде слоистости, что указывает, может быть, на одновременность образования отдельных участков.

Среди каолинообразной массы удалось обособить два вещества: одно совершенно белое (II), другое — с едва заметным зеленоватым оттенком (I). Анализы того и другого приводятся непосредственно ниже. Как и следовало ожидать, белое вещество представляет стадию большего разложения, чем зеленоватое. По составу [в %] оно, как видно, еще довольно значительно отличается от чистого каолинита:

	H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Сумма
I	11,25	47,76	34,47	2,62	1,86	1,94	0,24	100,14
II	12,77	46,20	37,28	1,44	0,64	1,28	0,21	99,82

Уд. вес первого — около 2,575 при 19° С, второго — 2,566 при 18,5° С.

Возвращаясь вновь к выводам Zschimmer, мы должны признать, что далеко не всегда феррисиликат состава  $(K, H)_2Fe_2Si_2O_8$

разлагается энергичнее других ядер биотита, что даже и в наиболее обычных случаях его разложение идет не так уж быстро и даже на последних стадиях распада вещество удерживает некоторое количество  $Fe_2O_3$ , когда  $FeO$  нет и следа, а магнезия остается в количестве нескольких десятых процента. В некоторых случаях, как мы видели на примере зеленого вещества, распад феррисиликата совершается даже медленнее, чем разложение оливинового ядра. О причинах последнего явления скажем несколько ниже.

Обратимся теперь к рассмотрению процессов, ведущих к образованию второй серии землистых продуктов. Полученные нами для последней серии аналитические цифры мы можем сопоставить с таковыми же серебристой слюды, которая по отношению к поршковатым продуктам является стадией меньшего разложения. Сведем прежде всего упомянутые аналитические данные [в %] в одну общую таблицу (табл. 4).

Таблица 4

	Серебристая слюда	Ярко-зеленое порошковатое вещество	Грязно-зеленое порошковатое вещество	Слабо-зеленоватая каолинообразная масса	Белая каолинообразная масса
$H_2O$	5,44	9,24	10,88	11,25	12,77
$SiO_2$	40,93	48,67	48,82	47,76	46,20
$TiO_2$	0,46	0,20	0,21	—	—
$Al_2O_3$	19,43	23,60	23,77	34,47	37,28
$Fe_2O_3$	8,92	10,03	9,89	2,62	1,44
$FeO$	1,94	1,57	9,76	—	—
$MgO$	13,80	3,01	2,73	1,86	0,64
$CaO$	0,50	Сл.	Сл.	—	—
$K_2O$	7,52	2,92	2,60	1,94	1,28
$Na_2O$	0,87	0,31	0,28	0,24	0,21
Сумма	99,81	99,94	99,95	100,14	99,82

В грязно-зеленом веществе исследовался характер воды, причем получились следующие результаты:

Потери при 100–110°	6,41%
110–130	0,24
130–285	0,49
285–335	0,13
335–425	0,31

Таким образом, при нагревании от 110 до 425° выделяется всего 1,17% воды; следовательно, значительная часть воды требует для своего удаления более высокой температуры, что дает повод

заключать о существовании прочной химической связи большей части определяемой анализом воды.

Чтобы выяснить, в чем состоят изменения серебристой слюды при переходе ее в грязно-зеленое вещество, вычислим частичные отношения окислов в том и другом минералах. Для серебристой слюды они таковы:

H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
0,302	0,673	0,005	0,190	0,055	0,027	0,345	0,008	0,080	0,014

Распределяя вычисленные количества по отдельным ядрам, входящим в состав биотита, получаем:

Алюмосиликат			Феррисиликат			Ортосиликат		
49,25%	SiO <sub>2</sub>	0,380	14,25%	SiO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub>	0,110	35,50%	SiO <sub>2</sub>	0,188
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,190		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,055		FeO	0,027
	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O	0,190		R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O	0,055		MgO	0,345
0,760			0,220			0,568		

Проделав те же вычисления для грязно-зеленого вещества, получаем:

H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
0,604	0,808	0,232	0,061	0,010	0,068	0,027	0,004

Алюмосиликат		Феррисиликат		Ортосиликат				
51,68%	SiO <sub>2</sub>	0,464	13,58%	SiO <sub>2</sub>	0,122	34,74%	SiO <sub>2</sub>	0,208
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,232		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,061		FeO	0,010
	R <sub>2</sub> O+H <sub>2</sub> O	0,232		R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O	0,061		MgO	0,068
0,928		0,244		0,624				

Из вычислений видно, что в составе зеленого вещества оказывается небольшой избыток кремнезема, а именно 0,017, или 1,02%, который, быть может, принадлежит свободному кремнезему, выделившемуся при распаде части феррисиликата. Те же вычисления показывают, что главнейшими изменениями в составе слюды должны считаться замещения водородом металлов оснований во всех ядрах. Процентные отношения отдельных ядер очень мало изменились и химическая структура сохранилась.

Существование промежуточной стадии распада биотита, столь упорно сохраняющей феррисиликат, объясняется, может быть, тем, что реакция в данном случае протекает при слабом доступе кислорода воздуха. На это отчасти указывают чрезвычайные плотности тех комков, в которых сохранилось зеленое порошковатое вещество. Присутствие среди последнего пятен и прожилок лимонита указывает и на слабое проникновение органических веществ.

Там, где доступ кислорода воздуха и органических веществ не затруднен или менее затруднен, произошло образование белых

пластинок и каолинообразной массы, т. е. там не только разрушена большая часть феррисиликатов, но и выделившаяся из него окись железа восстановлена и выщелочена. Сравнивая строение зеленого вещества и белой каолинообразной массы, трудно сомневаться, что последняя произошла из первого. Так как каолинообразная масса не заключена со всех сторон в оболочку из серебристой слюды, то можно думать, что если у зеленого вещества упадет эта оболочка или превратится частью в то же зеленое вещество, то к комку последнего легче проникают кислород и органические вещества, результатом чего является постепенное превращение зеленой массы в каолинообразную. Таким образом, несомненно следующее: происходит ли выветривание биотита с сохранением пластинчатости продуктов распада или оно проходит стадию порошкового зеленого вещества, конечный результат в обоих случаях один и тот же.

В исследованных образцах Белой Церкви выветривание биотита не дошло до конца, тем не менее мы уже можем предугадать конечную стадию распада. Совершенно ясно, что последняя не будет иметь того состава, который представлялся Zschimmer, т. е. соединения  $2\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Mg}_2\text{SiO}_4$ . Из сообщенных нами данных нетрудно усмотреть, что нашему каолинообразному веществу скорее можно приписать формулу  $(\text{H}, \text{K})_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8(\text{H}_2\text{Mg})\text{O}$ , которая ставит этот продукт очень близко к каолиниту. На такую формулу нам дают право следующие соображения: если вычислить частичные отношения кремнезема и полуторных окислов в составе каолинообразной массы, то получается:  $\text{R}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 2,05$ , т. е. отношение почти тождественное с тем, которого требует формула каолинита.

В самом деле, если за исходный продукт образования каолинообразного вещества принять серебристую слюду, то вычисление показывает, что при превращении ее в каолинит должно произойти отщепление 43,5% всего кремнезема, содержавшегося в слюде. Таким образом, при выветривании 100 г серебристой слюды остается 17,81% кремнезема в виде кварца. Так как из той же слюды получается 56,08 г каолинита, то, следовательно, если весь кремнезем сохранится в продукте выветривания в виде кварца, количество последнего по отношению к общей массе продукта выветривания будет равно 24,10%, т. е. в 100 г продукта выветривания окажется 24,10 г, или около  $\frac{1}{4}$  всей массы кварца. И действительно, как мы видим, каолинообразный продукт Белой Церкви очень богат вторичным кварцем.

Из всего сказанного ясно, что конечным продуктом выветривания биотита должен быть каолинит.

Превращение биотита в каолинит, как мы убедились на других образцах, зачастую происходит с сохранением формы первого, т. е. получаются псевдоморфозы каолинита по биотиту. Такие псевдоморфозы были мною найдены в окрестностях местечка Искорость (Коростень) и в окрестностях с. Хажин (Бердичевского

уезда). В м. Искорость по р. Уж выходят мощные скалы красного гранита, который был уже описан проф. И. А. Морозевичем (1893). Согласно данным исследователя, они представляют настоящие микропегматиты и состоят из более крупных аллотриоморфных зерен ортоклаза (отчасти пертита) и кварца, промежутки между которыми выполнены мелкозернистой массой, сложенной из червеобразных волокон кварца, тесно переплетающихся и обнимающих петлеобразно зерна ортоклаза. Возможно, полагает проф. Морозевич, что кварц является вторичным продуктом разложения ортоклаза, так как породы Искорости автор считает чрезвычайно разложившимися. На биотите гранитов Искорости исследователь отдельно не останавливается. Продуктами выветривания полевого шпата являются каолин, мусковит (серицит), реже эпидот. Биотит, разлагаясь, выделяет окислы железа, реже рутил (сагенил) и лейкоксен (?).

Мои исследования в Искорости были направлены главным образом на изучение продуктов выветривания биотита. При исследовании на месте выходов гранита по р. Уж можно было заметить, что в более выветрившихся кусках биотит изменяет свой цвет, сохраняя внешний вид слюды. Более выветрившихся разностей среди выходов гранита найти, однако, не удалось.

Ближе к местечку (но еще к северу от железной дороги), на левом берегу р. Уж, недалеко от железнодорожной водокачки, под слоем буроватой песчанистой глины, представляющей, по-видимому, в данном месте делювий, находится лежащий *in situ* каолин, очень богатый кварцем. Залежь его прослежена, по словам рабочих, на 6 аршин от поверхности, а под ним местами добыта гранитная дресва. Каолин особенно интересен потому, что в нем сохранились превосходно псевдоморфозы по биотиту, напоминающие те, которые в виде редких листочков были найдены среди выветривающегося биотита Белой Церкви. Эти псевдоморфозы встречаются здесь, однако, не только в виде тонких листочков, но нередко и в виде обломков размерами до 2 мм в длину и ширину и до 1 мм в толщину. Они то белые, то со слабо заметным, в более толстых кусочках, зеленоватым оттенком, то окрашены по краям или во всей массе лимонитом, не успевшим еще восстановиться и выщелочиться из псевдоморфозы. Листочки матовые и обладают слабым жирным, шелковым или перламутровым блеском. Своими цветом и блеском они действительно напоминают те признаки, которые описаны List, Laspeyres и другими исследователями для серицита Таунуса. Очевидно, эти листочки проф. Морозевич и принял за серицит, описывая шлифы полуразложившихся гранитов Искорости.

В псевдоморфозах явственно обнаруживается базальная спайность биотита, и при надавливании стеклянной палочкой описанные выше обломки распадаются на ряд спайных листочков. Под микроскопом прозрачны и обнаруживают явственное двупреломление только очень тонкие листочки, а более толстые мало проз-

рачны. Впрочем, и в них, если они не особенно толсты, нетрудно обнаружить двупреломление при помощи чувствительной гипсовой пластинки.

Напоминая своими внешними признаками серицит, упомянутые образования еще более напоминают те призмочки и чешуйки, которые были описаны Schmid (1876) из каолинов тюрингенского пестрого песчаника. Исследуя каолин, Schmid отмучивал тонкие частицы и изучал ту фракцию, которая оставалась в сосуде после удаления отмучиваемых частиц. Она состоит из листков и комочков (Schollen), которым подчинены изогнутые широкие и прямые шестисторонние призмы. Согласно его описанию, листки имеют ширину редко более 0,1 мм, часто — меньшую. Светлые листки бесцветны, мутные — желтоваты или буроваты. Оптические свойства соответствуют таковым же слюд, которые в изобилии встречаются местами среди пород пестрого песчаника. Собственно слюды, однако, здесь не встречаются, а их богатые водой и бедные одноокисями продукты разложения, представляющие переход к каолину.

Загнутые призмы (таковые встречаются наряду с прямыми и в нашем образце) достигают ширины 0,08 мм и длины до 0,4 мм. Двупреломление ясное, по форме они ближе всего к хлоритовому минералу (вермикулиту); по химическому составу это силикаты, нелегко разлагающиеся соляной кислотой. Schmid, нашедший их во всех образцах тюрингенского каолина, называет их микровермикулитами и полагает, что это те самые образования, которые были указаны еще Ehrenberg в каолине близ Шнееберга. Уд. вес неотмоченной фракции, по определению Schmid, равен 2,5 при 15° С.

В результате своих исследований Schmid приходит к выводу, что все листки в массах каолина представляют не столько новообразования, сколько механические и химические дериваты прежде существовавших минералов, именно слюд. В микровермикулитах и микрошерлитах (так автор называет, судя по его описанию и рисункам, микролиты циркона, рутила и турмалина) Schmid видит новообразования.

К первой части выводов Schmid можно целиком присоединиться; к сожалению, автор не упоминает, из каких именно слюд образовались описанные им листки, и не дает их химического состава. Отсутствие анализов привело автора к ошибке во второй части его выводов, так как на основании наших исследований, несомненно, что листки и микровермикулиты — одно и то же. В нашем случае и те и другие имеют лишь гораздо более крупные размеры, чем у Schmid, и без сомнения произошли из биотита.

Необходимо напомнить, что такие кристаллические образования находили в каолинах и раньше Schmid (см. Knop, 1859) и после него Johnson и Blake (1867), Safarik (1870), Schloesing (1874), П. А. Земятченский (1896), причем зачастую их не отделяли генетически от остальной окружающей их массы каолина.

Мы можем, наконец, прибавить к сказанному, что, по-видимому, тот же генезис следует приписать так называемому *леверриериту*, найденному Termier (1890) в сланцевых каменноугольных глинах, где это вещество находится вместе с черной слюдой, хотя, судя по анализу того же минерала из Quartier Gaillard и анализам минерала вышеуказанного месторождения, мы имеем здесь стадии меньшего разложения биотита, чем в псевдоморфозах Искорости.

Для отделения продуктов выветривания биотита из смеси его с каолином и кварцем порода размачивалась водой в стакане и взмучиваемый мелкозем пропускался сквозь сито с отверстиями диаметром 0,25 мм. Так как каолинит и кислые соли, полученные из полевого шпата, представляются в виде тонкого порошка, то можно было ожидать, что таким путем удастся отделить эти вещества от кварца и продуктов выветривания биотита, пластинки которых, ясно различимые в породе простым глазом, должны будут остаться на сите. Действительно, этим способом удалось собрать тонкие пластинки продукта разложения биотита, но к ним в значительном количестве были примешаны мелкие зерна кварца и частью полуразложенного ортоклаза. От этих зерен листочки псевдоморфоз отделялись на листе писчей бумаги, а затем отделенное подвергалось отмучиванию в бромформе.

В первой фракции осели зерна кварца, тонкие пластинки железного блеска, немного не разложенных еще золотисто-буроватых листочков биотита и одно зерно эпидота. Во второй фракции найдено много мелких прозрачных зерен и пластиночек кварца, по-видимому вторичного происхождения, светло-золотистые пластинки полуразложенного биотита и белые листочки с пятнами лимонита. В третьей фракции преобладали белые листочки с пятнами лимонита, в четвертой фракции изредка попадались осколки ортоклаза. Последняя фракция очищалась дважды, и, тем не менее, не удалось отделить начисто белые пластинки от желтоватых. Не удалось также вполне освободиться от мельчайших зернышек кварца, включенных в белые листочки и получившихся из того же биотита.

Среди крупных зерен кварца и полевого шпата, оставшихся в стакане, были найдены и отобраны механически те призматические прямые и изогнутые обломки, о которых была речь выше.

Химический состав псевдоморфоз был таков [в %]:

H <sub>2</sub> O при про- каливании	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Сумма
14,11	46,33	37,40	2,03	0,07	0,13	100,07

Как видно, полученные данные очень близко соответствуют составу каолинита.

Приведем теперь другой случай полного распада биотита с образованием псевдоморфоз по последнему. Такие псевдоморфозы

были мною найдены в окрестностях с. Хажин Бердичевского уезда. На полях, прилегающих к селу, заложены небольшие ямы, из которых добывался целиканитовый гранит для каких-то местных надобностей. У заваленных в настоящее время ям находятся кучи обломков пеликанитового гранита, по трещинам которого залегает биотит в различных стадиях выветривания. Очевидно, появление трещин связано с процессом распада биотита, залегающего как бы в виде прожилок в массе породы. Удалось, между прочим, найти и такие куски, в которых биотит, оставшись на месте, превратился в агрегат белых с шелковым или жирным блеском листков, напоминающих своим видом тальк. Листки эти обнаруживают под микроскопом те же свойства, как и псевдоморфозы Искорости, но значительно богаче последних включениями зерен кварца. Кроме зерен кварца, в них найдены мельчайшие иголки рутила. Последний минерал является довольно обычным продуктом конечного распада титансодержащих биотитов.

Stelzner (1883), между прочим, приписывает такое же происхождение довольно крупным кристаллам рутила во фрейбергской гнейсовой области, где рутил встречается совместно с гораздо более редким анатазом.

Вполне освободиться от кварца в хажинских псевдоморфозах с помощью тяжелой жидкости не удалось и пришлось определять количество кварца химически и затем вычитать его из состава псевдоморфоз. Количества титановой кислоты я не вычитал, ибо не уверен, вся ли она находилась в псевдоморфозах в виде рутила. Окончательный результат аналитических операций и вычислений таков [в %]:

H <sub>2</sub> O при про- каливании	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Сумма
15,43	44,76	1,14	36,61	2,04	Сл.	0,06	100,04

Таким образом, можно не сомневаться в том, что конечным продуктом распада биотита, при условиях достаточной аэрации и в присутствии восстанавливающих органических веществ, является каолинит, сохраняющий внешнюю форму произведшего его биотита. Последние следы кислоты состава H<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> довольно упорно сохраняются, но вообще на земной поверхности эта кислота, очевидно, не находит благоприятных условий для сохранения и феррисиликат (K, H)<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> далеко не отличается той устойчивостью, как изоморфный алюмосиликат (K, H)<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>. Можно думать, что, находясь не в изоморфной смеси, а в свободном состоянии, феррисиликаты распадаются еще легче и при условиях, существующих в поверхностных горизонтах земной коры, доступных процессам выветривания, не способны превращаться в соответственные кремнежелезистые кислоты, а распадаются до конца.

Возвратимся теперь к вопросу о выветривании биотита в Белой Церкви.

Кроме перечисленных уже продуктов распада последнего, среди массы серебристых листков биотита находятся зеленовато-голубые мягкие листочки, дающие голубой порошок и легко растирающиеся в агатовой ступке. Иногда такие листочки встречаются группами и даже мелкими комочками. Эти листочки, надо думать, представляют хлоритоподобное вещество, нередко отмечавшееся исследователями как продукт сложного выветривания биотита. Такие и подобные им вещества были анализированы и описаны различными исследователями под именами: джефферизит, вермикулит, эйхлорит и пр. По поводу таких минералов Tschermak замечает следующее: «Некоторое количество анализов относится к минералам, которые совершенно или отчасти разложены и превращены. В обоих случаях это не простые соединения, а случайные смеси, которые не принадлежат более слюдам. Несомненно, очень интересно изучать химические превращения слюд, но не целесообразно каждой случайной смеси давать название, и заблуждаются, если такие минералы относят к слюдам или хлоритам. Это относится к тем смесям, которые были названы фойгтитом, рубелланом, вермикулитом, джефферизитом, галлитом, эйкампитом, аспидолитом и т. д. Это псевдоморфозы и смеси, а вовсе не первоначальные простые минералы».

Изучая анализы перечисленных Tschermak соединений, можно видеть, что далеко не все они принадлежат одному типу разложения биотита. Некоторые из них, быть может, относятся к типам, уже рассмотренным нами на предыдущих страницах, другие, несомненно, представляют иной тип и, судя по составу, близки к исследованному нами зеленовато-голубому продукту разложения слюды из Белой Церкви. На поверхности комочков, сложенных голубоватым продуктом выветривания, не только обычны белые перламутровые листки, но и довольно часты, и это обстоятельство указывает, что голубоватый продукт должен был получаться также при достаточной аэрации, хотя, как увидим ниже, этого одного условия здесь уже, по-видимому, недостаточно.

Под микроскопом ясно видно, что голубоватый продукт, сохраняющий спайность биотита, связан с последним целым рядом переходов. Встречаются листки, в которых на буровато-желтом фоне наблюдаются отдельные голубые пятна или отдельные части листка окрашены в голубой цвет. В таких пестрых листках, в их буроватых участках находятся иногда включения ильменита, хотя и в небольших сравнительно количествах, или, по крайней мере, псевдоморфозы по таким включениям. В чисто голубых листках таких включений совершенно не встречается; плеохроизм в них на спайных пластинках не заметен. Состав голубоватых листков такой [в %]:

H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Сумма
9,62	35,68	18,76	4,91	6,54	20,29	—	1,78	2,40	0,10	100,09

Сопоставляя полученные цифровые данные с теми, которые были найдены для других продуктов распада биотита Белой Церкви, нетрудно усмотреть между теми и другими существенные различия. Если вычислить частичные отношения окислов, входящих в состав данного соединения, то окажется, что их совершенно нельзя распределить в те ядра, в которые оказываются возможным распределить составные части серебристой слюды и зеленых порошокватых продуктов ее выветривания. Здесь очень много содержится окислов типа RO наряду с большим количеством воды и относительно мало кремнезема. Если бы даже предположить, что вся вода растворена в минерале, а магнезия заместила щелочи, то и тогда полученные данные оказались бы невозможным уложить в структурную формулу биотита. Можно, следовательно, думать, что соединение имеет совсем другое строение, чем слюды, и что слюдяное ядро разрушено.

Из сопоставления аналитических данных для этого хлоритоподобного соединения с таковыми же свежей слюды видно, что наиболее существенные различия заключаются в содержании воды, щелочей, закиси железа и магнезии. Хлоритовый минерал обогащен водой и магнезией и сильно обеднен щелочами и закисью железа. Постоянное присутствие среди листочков хлоритового минерала мелких зернышек кварца указывает на некоторое изменение в содержании кремнезема. Обогащение магнезией не может быть объяснено только тем, что магнезия не выщелачивалась из силиката, в то время как выщелачивались другие основания, что это обогащение относительное, а не абсолютное, ибо в этом случае наблюдалось бы и значительно большее возрастание процентного содержания глинозема. Очевидно, что произошла прибавка магнезии извне, иначе говоря, превращение биотита совершалось под влиянием соединений магния. Могло ли такое превращение происходить под влиянием углесолей, действовали ли здесь сернокислые соли, присутствия которых в данном случае можно ожидать, или, наконец, какие-либо органические соли, остается невыясненным.

Данных, которыми мы располагали пока, оказалось недостаточно для истолкования этого типа превращения биотита.

Приведенные ранее опыты с действием на биотит и каолинит гуминовокислых солей делают возможным предположение, что хлоритизация биотита может происходить под влиянием щелочно-магнезиальных солей гуминовой кислоты.

Прежде чем закончить с процессами превращения биотитов, мне хотелось бы сделать попытку разобраться в одном спорном в минералогической литературе вопросе, как кажется, имеющем связь с вопросами превращений биотита. Я имею в виду генезис одной из разностей калийных слюд, получившей от List (1850,

1852) название *серицита* благодаря ее шелковистому блеску. Этот минерал найден был впервые в сланцах гор Таунуса и был принят за тальк. Исследования Sandberger (1847) подвергли сомнению это определение, так как оказалось, что серицитовые породы содержат мало магнезии.

После исследований List серицит многократно указывался целым рядом исследователей в разных местах, но, насколько можно судить по данным довольно большой литературы, посвященной серициту, не все исследователи под именем серицита понимали, по-видимому, одно и то же вещество.

Что касается внешнего вида и физических свойств серицита, то в этом отношении мы располагаем несколькими определениями. Lossen (1869) характеризует серицит так: малая твердость, отсутствие упругости и вообще внешний вид талька. Rosenbusch (1898) называет строение серицита чешуйчато-волокнистым. Credner (1876) указывает, как на отличительный признак, на отсутствие хроматической поляризации, свойственной калийным слюдам: листки серицита обнаруживают лишь совсем слабые цветные тона. Все эти признаки очень хорошо согласуются с теми, которые нами установлены по отношению к псевдоморфозам каолинита по биотиту, принимавшимся иногда, как мы указывали раньше, в петрографических описаниях за серицит.

Чрезвычайно интересным является, между прочим, наблюдение, сделанное, кажется, впервые Laspeyres (1873) по отношению к серициту, а именно, что к нему всегда примешан кварц. Избыточный кремнезем в составе серицита, впрочем, еще List считал принадлежащим кварцу. Наблюдения Laspeyres (1873) были подтверждены впоследствии Wichmann (1877) на основании микроскопических исследований. Marck (1878), анализируя серицит из Hallgarten и получив для кремнезема величину 51,61%, тем не менее, высказался против присутствия кварца в сериците, однако он был неправ. В своей сводной работе о сериците Laspeyres (1880) показал, что примесь тонкого кварца существует и в тех образцах, которые анализировал Marck. По его словам, кварц определяется не только микроскопически, но его зерна ясно ощущаются и при растирании в агатовой ступке и, наконец, обнаруживаются при растворении тонкого порошка серицита в соляной кислоте, которая, хотя и медленно, но совершенно разлагает минерал, причем кварц остается.

После пятимесячного кипячения навески серицита в платиновой покрытой чашке с соляной кислотой и обработки остатка раствором соды осталось нерастворенным 19,021%. Остаток имеет следующий состав [в %]:

Потери при прокаливании	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Сумма
0,686	14,644	2,057	0,529	0,106	0,078	0,901	19,021

Исследование при помощи микроскопа показывает, что главная масса остатка состоит из кварца, остальная — из неразложившегося серицита.

Таким образом, несомненно, что *настоящий* серицит, т. е. тот минерал, который получил это название от List, содержит в себе тонкий кварц, т. е. в этом отношении опять-таки очень близко напоминает наши псевдоморфозы каолинита по биотиту. Все это позволяет пока заподозрить, что рейнские серициты представляют образование, по своему генезису довольно близко стоящее к нашим псевдоморфозам.

Мнение о происхождении серицита из слюд неоднократно высказывалось в литературе, но, к сожалению, не было подкреплено достаточно вескими данными. Впервые такое мнение высказал Stiff, несколько позже его Herget (1863) пришел к выводу, что серицит произошел из слюды, но только не из той, которая теперь наблюдается в Таунусе, а из первичной магниезальной слюды наподобие той, которую Scheerer анализировал из серых гнейсов Саксонии. Lossen (1867) отнесся отрицательно к таким выводам Herget, которые не имеют под собой прочной почвы геологических наблюдений. Вместе с тем он сам описывает разность серицитового гнейса, содержащего, кроме серицита и серебристо-белой слюды, пластинки черно-бурой просвечивающей слюды с томбаково-бурым металлическим мерцанием. Упомянув о том, что установить определенные отношения между черной слюдой и серицитом трудно, исследователь, однако, указывает, что и в пластинках черной слюды можно иногда заметить по краям как бы переход в серицит. Кроме того, Lossen описывает в другом месте породы, где наблюдается тесное сочетание серицита со слюдой. Наблюдается часто ясное кольцо серицита по краям отдельных пластинок слюды, реже полосы серицита пересекают поперек слюдяные пластинки. При дальнейшей серицитизации вся слюдяная пластинка охвачена процессом превращения, обнаруживая перламутрообразное зеленоватое мерцание вместо металлического блеска слюды, малую прозрачность, уменьшение спайности. В последней стадии на месте серебристо-белых с металлическим блеском пластинок слюды появляется ясно микрокристаллический, с более жирным блеском, зеленоватых оттенков минерал, который по одному направлению обнаруживает еще ясную спайность в мелких листках. Таковы результаты исследований Lossen, которые, однако, в значительной степени теряют свою ценность ввиду отсутствия анализов. Остается недоказанным, действительно ли автор наблюдал процесс серицитизации, а не каолинизации слюды.

За происхождение серицита из слюд несколькими годами позже Lossen высказался Pichler (1871).

О генетической связи серицита с полевыми шпатами впервые было сделано указание List, который полагал, что серицит происходит из альбита, но, по Wichmann, в серицитовых сланцах

Рейна нет альбита, а есть ортоклаз и плагиоклазы. Кроме них находится *вторичный* кварц, который вместе с серицитом и образует связующую среду. Из сказанного ясно, что положение List о происхождении серицита из полевого шпата остается недоказанным.

Мало обоснованы, по нашему мнению, и заключения Lasaulx (1872) по тому же вопросу. Описывая серицитовые сланцы Таунуса, исследователь указывает, что частицы полевого шпата находятся в ясной связи с серицитом. Последний окружает зерна полевого шпата, проникает в его трещины и, наконец, совершенно заполняет его место. Едва ли нужно доказывать, что все эти явления в таких динамометаморфических породах, каковы сланцы Таунуса, могут существовать и при том условии, что полевой шпат и серицит не стоят по отношению друг к другу ни в каких генетических отношениях.

Laspeyres в основу своих соображений о генетической связи между серицитом и полевым шпатом кладет факт тесного сочетания серицита с кварцем. Серицит мог образоваться, по его мнению, лишь из богатых кремнеземом минералов, следовательно, никак не из слюд, а из полевых шпатов. Он полагает, что цементирующая порода полевошпатовая пыль с течением времени превратилась в смесь кварца и серицита.

Насколько неправ в своих рассуждениях Laspeyres, показывают наши наблюдения над выветриванием биотита. Выделение кварца есть необходимое следствие такого выветривания, а как велико может быть количество выделившегося кварца, показывают довольно простые вычисления. При распаде биотита только часть кварца (очень мелкие зернышки) остается внутри псевдоморфоз по биотиту, гораздо же большая масса выделяется в промежутках между отдельными мелкими пластинками, на которые распадаются при выветривании более крупные листки и обломки кристаллов биотита. Поэтому-то содержание кварца внутри мелких пластинок продукта выветривания непостоянно, а во многих пластинках кварц может совершенно отсутствовать.

К числу защитников теории происхождения серицита из полевых шпатов принадлежит также Groddek (1883), изучавший так называемые белые сланцы на Рейне и в других местах. Исследователь, между прочим, обращает внимание на то, что полученные им препараты не обнаруживают под микроскопом кварца, но при сильных увеличениях в них можно наблюдать присутствие тонких игол *рутила*. Далее Groddek описывает «псевдоморфозы по полевоому шпату», состоящие из серицита и карбонатов, среди которых главную роль играет не кальцит, а доломит и более сложные (брейнерит и пр.) минералы. Кроме того, здесь же находится и кварц. Никаких, однако, серьезных доказательств в пользу того, что здесь имеются псевдоморфозы по полевоому шпату, автор не приводит, хотя сам считает это

несомненным: «за это говорит, во-первых, балкообразный вид, а во-вторых, агрегационная поляризация псевдоморфоз».

Напротив, то обстоятельство, что пластинки серицита содержат иголки рутила и что они сопровождаются доломитом, брейнеритом и пр., скорее говорит за генетическую связь этих пластинок с биотитом. Прежде всего, иголки рутила, как мы уже видели, наблюдались неоднократно в выветривающихся биотитах, а затем при выветривании биотита скорее можно ожидать образование доломита, брейнерита и других сложных карбонатов, чем при выветривании каких бы то ни было полевых шпатов, присутствие магнезии и закиси железа в которых вовсе не обязательно.

В моей коллекции имеются образцы красного гранита из с. Хажин Бердичевского уезда, очень богатого биотитом. Последний в поверхностных горизонтах породы находится в той стадии выветривания, которая характеризуется золотистым оттенком слюды. Мясо-красный ортоклаз рядом с биотитом совершенно свеж, с блестящими спайными поверхностями, но покрыт местами начной кристаллической коркой желтоватого цвета. Едва ли можно сомневаться в том, что корка эта образовалась в значительной мере за счет распада биотита под влиянием воды и углекислоты. Состав корки оказался следующим [в %]:

CaCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>	FeCO <sub>3</sub>	Сумма
96,33	1,80	1,63	99,76

Таким образом, и здесь мы имеем не вполне чистый кальцит, а с примесями углесолей магния и железа.

Обратимся, наконец, к химическим анализам серицита.

В этом отношении, несомненно, особый интерес представляет анализ List, установившего этот новый вид слюды. List получил следующие данные [в %]:

SiO <sub>2</sub>	SiF <sub>4</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
49,001	1,688	1,591	0,312	23,647	8,068	0,935	0,629	9,106	1,747	3,445

Присутствие фтора, титановой кислоты и значительного количества закиси железа едва ли может также говорить за происхождение исследованного серицита из полевого шпата. И в этом случае гораздо скорее можно думать о связи серицита с биотитом.

Правда, другие аналитики различных серицитов не определяли в них ни фтора, ни титановой кислоты, тем не менее и эти анализы скорее говорят за связь с биотитом, чем с полевым шпатом. Приведем несколько таких анализов серицита [в %]:

	I	II	III	IV	V
SiO <sub>2</sub>	45,36	41,35	51,83	44,14	53,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32,91	19,28	28,77	36,10	34,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,04	17,87	2,63	3,07	Сл.
FeO	1,76	—	1,91	—	—
MgO	0,89	2,06	0,54	0,92	0,50

	I	II	III	IV	V
CaO	0,49	0,37	0,63	—	0,27
K <sub>2</sub> O	11,67	8,29	8,63	8,87	6,05
Na <sub>2</sub> O	0,72	3,48	0,98	1,51	1,01
H <sub>2</sub> O	4,12	6,16	3,77	5,26	4,67
CuO	—	—	—	0,13	—
C	—	0,18	—	—	—

Таким образом, генетическая связь серицита с продуктами выветривания биотита, как видно из всего сказанного, зиждется на следующих данных: 1) близость внешнего вида и физических свойств обоих веществ, 2) присутствие в том и другом случаях игл рутила, 3) нахождение в обоих веществах мельчайших зерен вторичного кварца, 4) совместное залегание серицита со сложными карбонатами и 5) аналогичные черты химического состава.

Получить серицит из биотита, как нам представляется, возможно двумя способами: а) выветриванием биотита в присутствии калийных солей или б) действием растворов тех же солей на псевдоморфозы каолинита по биотиту, так как известно, что водород каолинита способен замещаться металлом при высоких температурах, а может быть, и при высоких давлениях, при которых происходило образование сланцев Таунуса.

### Выветривание во Фрисарке Волынской губернии

Местные породы были микроскопически и химически исследованы И. А. Морозевичем (1893), который штудировал, однако, судя по его описанию, только сравнительно верхние горизонты фрисарских пород.

Здесьние *габбро-граниты*, как предлагает их называть исследователь, мелкозернисты, но отдельные элементы легко различаются простым глазом. На вид «порода представляется сильно разложенной, под ударом молотка рассыпается в куски», — говорит Морозевич, но микроскопическое исследование не подтверждает этого: полевые шпаты вполне прозрачны, а в составе породы определяется лишь 0,43% потери от прокаливания.

Морозевич приходит к заключению, что в данном случае мы имеем дело с механическим раздроблением, а не с химическим выветриванием. Однако и Морозевич указывает, что трещины полевых шпатов (не спайные) заполнены инфильтрациями лимонита.

Кроме описанной Морозевичем породы, во Фрисарке всюду, где обнажены более глубокие горизонты, выступает совершенно иная по внешнему виду порода темного цвета, среднезернистая, очень плотная и совершенно свежая. Таким образом, изученная Морозевичем порода представляет лишь верхние 2—3 аршина фрисарских обнажений.

Выше мы уже указали, что в описании Морозевича имеются некоторые данные, позволяющие судить, что по крайней мере какие-то железистые минералы разложены и химически. Среди

последних во фрисаркской породе находятся авгиты, роговая обманка и биотит. Что касается роговой обманки, то кристаллические зерна ее представляются совершенно свежими и блестящими даже в более высоких горизонтах фрисаркской породы. Так же свежи и пластинки биотита. Совершенно иначе обстоит дело с авгитами, из числа которых Морозевич описывает для здешних пород диаллаг и гиперстен. Уже он упоминает о волокнистой структуре авгитов, которые начали разлагаться.

Верхние горизонты фрисаркской породы местами уже превратились в песчанистую глину, а если поштудировать ту еще плотную, но разбитую трещинами породу, которая непосредственно лежит под глиной, то нетрудно заметить, что авгиты здесь очень сильно разложены. Хотя зерна их, частью лежащие отдельно, частью сросшиеся, как это указывал и Морозевич, с роговой обманкой, на вид представляются свежими и даже обнаруживают ясно спайность, местами пластинчатое строение и отличаются стекляннм блеском, однако при извлечении их из породы иглой оказываются совершенно рыхлыми, мягкими и легко распадаются в порошок. Такие зерна имеют светлый желтовато-зеленый оттенок, который их довольно ясно отличает от других составных частей породы. Эти зерна разложенного авгита были выделены из породы первоначально механически, при помощи иглы, а затем для освобождения их от посторонних примесей (роговой обманки, кварца и полевых шпатов) выделенное механически вещество подвергалось разделению в бромформе. В первой фракции осели зерна роговой обманки, затем выделились зерна кварца и полевого шпата и, наконец, в последних фракциях стал осаждаться чистый продукт выветривания авгита. Таким образом, уд. вес полученного вещества был меньше 2,6.

Выделенное вещество было хорошо промыто бензолом и высушено на воздухе, после чего чистота его была проверена под микроскопом. Вещество оказалось совершенно однородным и не только ясно кристаллическим, но и довольно сильно двупреломляющим. Его кусочки, раздавливаемые почти так же легко, как комочки какой-либо глины, без особенного скрипения, под микроскопом обнаруживают волокнистое строение и легко распадаются на ряд мелких призмочек-иголочек, обладающих прямым погасанием и совершенно бесцветных. Более крупные осколки отличаются светло-грязновато-зеленым оттенком, не обнаруживая и следов плеохроизма, каковым, согласно описанию Морозевича, отличаются свежие авгиты фрисаркской породы.

Растертый в порошок продукт выветривания фрисаркских авгитов дает массу светло-грязновато-зеленого цвета. При высушивании до  $110^{\circ}$  С масса не изменяет своего цветового оттенка, но при прокаливании принимает красновато-бурую окраску.

Непрокаленное вещество в смеси серной и плавиковой кислот разлагается почти моментально. Соляная кислота крепкая и 10%-ная разлагают минерал при кипячении довольно энергично,

но для этого необходимо несколько последовательных обработок.

Анализ описанного продукта выветривания дал следующие результаты [в %]:

H <sub>2</sub> O при про- каливании	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Сумма
8,33	51,36	18,97	13,27	1,71	3,27	2,34	99,30

Возможно, что в продукте находится еще небольшое количество щелочей, которые не определялись. Частичные отношения окислов, входящих в состав продукта выветривания, таковы:

H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO
0,465	0,850	0,185	0,083	0,023	0,058	0,058
		0,268		0,139		

Так как продукт вполне однороден и ясно кристалличен, то мы имеем право говорить о минеральном индивиде, а не о смеси. Что же представляет исследованный минерал? Из приведенных вычислений видно, что мы имеем здесь дело с очень кислой солью, где почти половина основания замещена водой.

Сравнивая состав фрисаркского продукта выветривания авгита с таковым же продуктом чаквинского, представляющим уже почти чистую кислоту, замечаем, что количество кремнезема и полоторных окислов [в %] в обоих случаях очень близкое, а именно:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Чаквинский	50,08	28,97	5,60
Фрисаркский	51,56	18,97	13,27

Большая разница наблюдается, наоборот, в содержании воды и оснований, что видно из следующих цифр [в %]:

	H <sub>2</sub> O	FeO	CaO	MgO
Чаквинский	14,63	—	—	0,64
Фрисаркский	8,38	1,71	3,27	0,74

Надо полагать, что если бы фрисаркский силикат продолжал выветриваться далее, количество оснований уменьшилось бы, а количество воды увеличилось. Другими словами, цифры для того и для другого продуктов выровнялись бы. Однако и при таких условиях разница между чаквинским и фрисаркским продуктами была бы довольно значительной, а именно: последний содержал бы сравнительно с первым довольно большое количество феррисиликата.

Едва ли можно сомневаться в том, что если бы выветривание фрисаркского авгита происходило ближе к земной поверхности, в сфере влияния значительного количества органических веществ, то феррисиликат разрушался бы успешнее, как это происходит в исследованных нами биотитах. В данном случае, во

Фрисарке, порода лежит значительно глубже гумусовых горизонтов почвы (подзолистой супеси), а потому влияние органических веществ ничтожно.

Может быть, однако, что в минералах авгитовой группы распад феррисиликата вообще совершается труднее, чем в группе слюд, в зависимости от различия химической структуры этих групп.

Неполный продукт распада титансодержащего авгита исследовался Кнор. Этот продукт, исследователем неправильно называемый цимолитом, образует псевдоморфозы по авгиту в порфировидном базальте. Состав его таков [в %]:

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
51,37	9,61	12,70	12,50	3,09	0,51	0,90	9,21

К той же категории промежуточных продуктов распада, еще более богатых феррисиликатом, относится минерал, найденный Weibull в щеленке оза близ Starbo. Он представлялся в виде маленького комочка матового серно-желтого непрозрачного минерала с твердостью 4,5 и уд. весом 2,49. Его состав выражается следующими данными [в %]:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	H <sub>2</sub> O	Сумма
48,59	9,09	32,54	0,55	2,09	Сл.	7,05	99,91

Исследователь полагает, что вещество представляет, по всей вероятности, продукт выветривания арффедресонита.

### Выветривание альмандина в пеликанитах Бердичевского уезда

Серые граниты окрестностей Бердичева (Грибарка, Жежелев и пр.), сопровождаемые нередко пеликанитами, представляют особый интерес в качестве пород, богатых альмандином. Последний встречается частью в виде мелких кристалликов, рассеянных в массе породы, частью в виде крупных отдельных кристаллов (ромбические додекаэдры) и больших гнезд, где концентрируются и крупные и мелкие кристаллы.

Существенными элементами упомянутых гранитов, помимо альмандина, являются ортоклаз, реже микроклин, кварц и биотит; изредка встречается оливин, еще реже мусковит (Грибарка).

Наряду с залежами совершенно свежего гранита, лишь в самых верхних горизонтах затронутого процессами выветривания, наблюдаются выходы пеликанитового гранита, где гранаты часто разрушены процессами выветривания до конца и на фоне белой породы выделяются в виде большей или меньшей величины расплывающихся бурых пятен и гнезд. Такими разложенными гранатами богаты пеликаниты окрестностей Жежелева и Глуховцев.

Свежий альмандин был собран мною из разработок гранита в окрестностях Жежелева, отсюда же добыты гранаты, несколько тронутые процессами выветривания. Разложенные гранаты взяты в полуверсте от упомянутых разработок, на холме, где добывался раньше пеликанитовый гранит.

Совершенно свежий альмандин розового цвета содержит включения минералов группы магнитного железняка и шпинели, частью различимые простым глазом и под лупой, частью микроскопические. Удалить эти последние, очевидно, вполне не удалось, что и сказывается на результатах анализа. Состав альмандина определялся в нескольких навесках, причем особенное внимание было обращено на определение закиси железа, которая была определена в четырех маленьких навесках. Результаты получились следующие:

Навеска, г	0,1050	0,0545	0,0345	0,0126
FeO, %	32,40	32,84	32,86	33,00

Для определения окиси железа взята была навеска в 0,0618 г, которая разлагалась смесью серной и плавиковой кислот, после чего последняя выпаривалась, серноокислый раствор разбавлялся водой и переносился в баллон, где и восстанавливался цинком. Количество окиси железа оказалось равным 4,26%.

Наконец, в особой навеске определялись кремнезем, общая сумма полуторных окислов, известь и магнезия. Щелочные земли определялись дважды, причем получились следующие результаты [в %]:

	CaO	MgO
I	1,04	5,40
II	0,96	5,40

Общая сводка аналитических операций дает следующие результаты [в %]:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Сумма
36,95	19,40	4,26	32,86	5,40	1,04	99,91

Вычисляя частичные отношения, получаем:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO
0,611	0,189	0,026	0,456	0,135	0,018

Уклонение от теоретической формулы, надо полагать, объясняется включениями вышеназванных минералов, которых целиком отобрать не удалось.

Промежуточных стадий выветривания альмандина нам рассмотреть не удалось. В поверхностных буровато-желтых горизонтах тех гранитов, из коих добыт свежий гранат, содержатся, правда, буроватые зерна граната, с поверхности матовые, непрозрачные, но если их извлечь из породы и прокипятить с соляной кислотой, то поверхностная оболочка (лимонит) растворяется и

остаются розовые зерна, цветом своим очень мало отличающиеся от свежего гранита. Правда, кроме них, попадаются еще вино-желтые зерна, но их, к сожалению, не удалось набрать в достаточном количестве для анализа.

При выветривании, насколько можно судить по образцам, добытым из пеликанитового гранита, вещество альмандина разбивается трещинами на ряд отдельных участков, причем нередко в центре такого участка видно еще совершенно свежее зерно минерала, а на периферии наблюдается тонкая корка продуктов выветривания. Во многих случаях, где вещество граната представляется сравнительно мало разложенным, одним из продуктов распада является слабо-зеленоватая порошкообразная масса, под микроскопом оказывающаяся аморфной. В моем распоряжении было, однако, столь незначительное количество зеленого вещества, что об анализе нельзя было и думать.

Гнезда, где гранат наиболее сильно разложен, оторочены темным или светлым бурым веществом, окраска которого зависит от лимонита.

В тех стадиях, когда продуктами распада являются исключительно бурые вещества, зерно бывшего альмандина представляет чрезвычайно сложную и запутанную сетку, в петлях которой лишь редко сохраняются мелкие зернышки граната, а иногда и зернышки кварца, в свежей породе сплошь и рядом выделяющегося совместно с зернами граната, а иногда и внутри этих последних. Стенки сетки имеют или темно-бурый цвет, и в этом случае они тверды и хрупки, или светлый желтый цвет — и тогда они мягки. Очевидно, в первом случае стенки цементированы большим количеством лимонита, во-втором — значительно меньшим.

Если такой выветрившийся кусок граната прокипятить в соляной кислоте, то лимонит довольно быстро растворяется, а сетчатая структура остается, но теперь уже стенки сетки состоят из пластинок мягкого, почти белого глинистого вещества. Это последнее и является, очевидно, конечным продуктом распада граната. Получить его в совершенно чистом виде, несмотря на многочисленные и разнообразные попытки, не удалось. Если обработка соляной кислотой и способна изолировать вещество от лимонита, то удалить из вещества тончайшие кварцевые зернышки, по-видимому вторичного происхождения, невозможно даже при повторных отмучиваниях бромформом. Таким образом, приводимый ниже анализ [в %] характеризует механическую смесь глины (аморфного каолинообразного вещества) с кварцем и небольшим количеством лимонита.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	H <sub>2</sub> O	Сумма
51,11	28,01	7,42	0,58	0,07	12,57	99,76

Глина, по-видимому, представляет каолинит, в котором часть глинозема замещена железом.

## Выветривание цеолитов Цхра-Цкаро

Это богатейшее на Кавказе месторождение цеолитов располагается на протяжении нескольких верст между Бакуриани и вершиной Цхра-Цкаро. Первые экземпляры цеолитов начинают встречаться в нескольких верстах выше Бакуриани и затем с небольшими перерывами попадают почти до самой вершины этой горы, расположенной на высоте около 9000 футов. Значительная часть месторождений цеолитов приурочивается к лесной полосе горы и сравнительно небольшая — к горно-луговой ее части. Крупные гнезда и громадные миндалины цеолитов, размерами до 7 см в длину и до 5 см в ширину, встречаются на различных глубинах местных пород, иногда очень далеко от горизонтов выветривания. Нередко, однако, можно наблюдать цеолиты и среди горизонтов выветривания, даже в пределах гумусовых горизонтов местных слабоподзолистых или дерновых почв. В этих последних случаях цеолиты обнаруживают уже на глаз явные признаки разрушения. Эти-то пункты залегания цеолитов представлялись нам особенно интересными.

Вообще цеолиты Цхра-Цкаро довольно разнообразны: нам пока удалось определить здесь анальцит, шабазит, натролит, томсонит, мезолит, ломонтит и продукты выветривания некоторых из перечисленных минералов. Эти месторождения мы и опишем в дальнейшем изложении.

**Натролит.** Крупное гнездо натролита приурочивается к зоне выветривания и состоит не столько из натролита, сколько из продуктов его выветривания. Сохранившийся местами натролит представляется в виде радиально-лучистых сростков длинных призматических кристаллов. С поверхности кристаллы белые, матовые и только более глубокие части сростков содержат вполне прозрачные призмы. Ближе присматриваясь к поверхностям таких кристаллов, нетрудно заметить, что они здесь начинают расщепляться на тончайшие волокна, которые в то же время изменяют свой цвет, принимая серовато-желтый оттенок. В конце концов весь сросток постепенно превращается в кучу таких волообразных кристалликов, которые, перепутываясь между собой, образуют массу, очень близко напоминающую мякину. По-видимому, это образование аналогично так называемым мякинным камням (Spreustein) с той только разницей, что последние, судя по описаниям (Brögger, 1890), хотя и относятся к натролитам, но стоят в то же время в определенных генетических отношениях к минералам группы нефелина (содалиту, реже канкриниту), слагая иногда псевдоморфозы по содалиту.

Имеющиеся в литературе анализы «мякинных камней» дают иногда цифры, значительно отличающиеся от цифр типичного натролита, причем это различие выражается в понижении количества натра и в повышении количества воды. Таков, например, анализ Carius (см. Brögger, 1890), дающий 13,52%  $\text{Na}_2\text{O}$ , 0,99%

CaO и 13,40% воды. Насколько для этого анализа может быть допущено толкование, согласно которому гидронефелин состоит из смеси натролита и гидраргиллита, сказать трудно. На основании имеющихся у нас данных можно думать, что такое толкование не всегда применимо.

Натролит Цхра-Цкаро по своему химическому составу принадлежит к группе галактита. Его анализ дал следующие результаты [в %]:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Сумма
47,01	27,93	2,48	12,21	10,57	100,30

Вычисляя частичные отношения, мы замечаем, что в натролите немного меньше оснований и кремнезема, чем требуется теорией, и если часть воды отнести к основанию, то получаем отношения R<sub>2</sub>O : R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : SiO<sub>2</sub> : H<sub>2</sub>O = 1 : 1 : 2,85 : 2.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
0,778	0,273	0,044	0,197	0,032	0,555
			0,273		
2,85	1		1		2

Эти вычисления показывают, что и представляющийся относительно свежим натролит Цхра-Цкаро несколько разложен, причем исчезло небольшое количество оснований и кремнезема.

Под микроскопом отдельные иголки натролита еще вполне прозрачны и призмы обнаруживают прямое погасание.

Среди натролита, а чаще в массе «мякинного камня», попадаются обломки трапецоэдров {211} аналцима.

Серая волокнистая масса, состоящая из очень тонких призматических кристалликов, отличается меньшей прозрачностью, хотя под микроскопом тонкие иглы вполне прозрачны, с очень малой величиной двупреломления; погасание прямое.

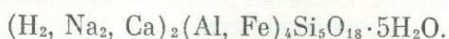
Вещество легко разлагается теплой разведенной соляной кислотой, не обнаруживая и следов каких-либо гидратов глинозема. При прокаливании сначала теряет серый цвет, а затем принимает розовую окраску. Порошок совершенно не спекается при прокаливании в платиновом тигле. Состав «мякинного камня» таков:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
[%]	44,16	28,60	2,12	7,45	Сл.	2,05	15,50
[г-моль]	0,731	0,279	0,013	0,133	—	0,033	0,861

Как показывают вычисления, оснований здесь много меньше того количества, которое необходимо, чтобы отношение RO + R<sub>2</sub>O к Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> было равным 1 : 1. Если недостающую часть основания пополнить водой, то получим такие отношения:

(Na <sub>2</sub> O, CaO, H <sub>2</sub> O)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
1	1	2,5	2,5

Иначе говоря, соединению может быть дана формула



Очевидно, мы имеем здесь кислую соль, в которой значительная часть натра замещена. Едва ли, однако, мы можем смотреть в данном случае на реакцию превращения натролита в «мякинный камень», как на реакцию разложения натролита водой или углекислой водой. Если бы протекала эта последняя реакция и если бы количество извести возрастало только потому, что выщелачивалось значительное количество натра и кремнезема, то нужно было бы допустить, что почти  $\frac{2}{3}$  цеолита разложилось, а при этих условиях процентное содержание глинозема должно было бы очень сильно возрасти. Таким образом, более вероятным является предположение, что реакция протекала при содействии какого-либо водного раствора, содержавшего известь. То же самое следует заметить и по отношению к окиси железа, которая в натролите содержится в совершенно ничтожном количестве и в продукте его выветривания достигает 2,12%. Следовательно, раствор, действовавший на натролит, должен был одновременно содержать и известь и окись железа. Очевидно, это не мог быть простой водный раствор, а раствор каких-нибудь сложных производных одной из кислот гумуса, скорее всего гуминовой, у которой кроме кислотных водных остатков существуют еще и спиртовые или фенольные (Доиренко, 1901). Водород этих остатков, как указывал еще Г. Г. Густавсон (1888), может замещаться элементами промежуточного характера, каковы Fe и Al, а эти последние могут затем присоединять к себе и другие, образуя сложный комплекс так называемого органо-минерального вещества. Достаточно, чтобы такая гуминовая кислота, даже в твердом виде, приходила в соприкосновение с натролитом и водой, чтобы от натролита отщепилась часть щелочи, переводящей в раствор гуминовую кислоту.

Что в разбираемом случае выветривания действовали именно органические вещества гумуса, а не чистая вода, можно видеть по тому изменению белой окраски натролита, которая наблюдается во всех местах, где последний минерал превращается в «мякинный камень».

Томсон и т. Иной тип выветривания, но также, как увидим ниже, не под влиянием воды и углекислоты, наблюдался в другом образце цеолита, взятом прямо из нижних горизонтов дерновой почвы. Здесь свежий цеолит белого цвета, очень плотного строения, в массе которого с трудом различаются отдельные призматические индивиды, превращается по трещинам, в пустотах секреции, куда проникают трещины, и в местах соприкосновения с почвой в агрегат тончайших волосков грязного цвета, образующих местами похожие на вату комочки. Нетрудно видеть, как постепенно плотный цеолит расщепляется на эти отдельные

волокна, которые по мере удаления от материнского минерала делаются все тоньше, причем и расстояние между ними возрастает.

Плотный свежий цеолит при прокаливании спекается и принимает слабо-розоватую окраску. Теплая разведенная соляная кислота растворяет минерал целиком без заметного выделения кремнезема. Только после получасового нагревания раствора на водяной бане вся масса застывает в студень.

Состав плотного цеолита определяется следующими данными:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Сумма
[%]	42,44	28,47	0,40	11,81	3,60	13,05	99,77
[г-моль]	0,702	<u>0,275</u>	<u>0,002</u>	<u>0,210</u>	<u>0,058</u>	0,725	
	2,53	<u>0,277</u>	<u>1</u>	<u>0,268</u>	<u>1</u>	2,59	

Судя по анализу, минерал ближе всего стоит к томсониту; приблизительно таковы же аналитические данные Hersch (см. Hintze, 1889—1897).

Получившийся путем выветривания из томсонита ватообразный цеолит слагается волокнами, обладающими слабым двупреломлением, различимым лишь при помощи чувствительной гипсовой пластинки. При прокаливании порошок минерала спекается и получает оранжевую окраску. Разведенная соляная кислота разлагает его легко и быстро с выделением хлопьев кремнезема и окрашивающего последний в серый цвет органического вещества.

Ватообразный цеолит имеет следующий состав:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
[%]	47,42	25,23	1,07	8,95	3,52	13,64
[г-моль]	0,785	<u>0,246</u>	<u>0,006</u>	<u>0,160</u>	<u>0,056</u>	0,758
		<u>0,252</u>		<u>0,216</u>		

Как видно из вычислений, оснований здесь несколько меньше, чем требуется теоретически. Если недостающее дополнить водой, то получаются такие отношения:

Na <sub>2</sub> O+CaO+H <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
0,252	0,252	0,785	0,722
1	1	3,1	2,86

Так как вода определялась не прямо, а из потери при прокаливании, содержание ее несколько завышено за счет потери от сгорания органического вещества, которое было здесь в заметном количестве. Принимая все это во внимание, можно сказать, что минерал наш ближе всего стоит к *мезолиту*, у которого небольшая часть основания замещена водой. Для превращения томсонита в мезолит нужно было, как видно из сопоставления анализов, чтобы первый потерял небольшое количество оснований и глинозема, причем кремнезем остался нетронутым или почти не-

тронутым. Получается впечатление, что томсонит подвергался действию какой-то кислоты. Так как при рассмотрении образца не остается никакого сомнения в том, что превращение происходило под влиянием органических веществ, то, может быть, наиболее вероятным будет предположение, что в данном случае действовал раствор креновой кислоты, которая обычно принимается в качестве действующего реактива при образовании подзолистых или дерновых почв.

Мезолит. Приближающийся к только что описанному, но еще несколько более сложный тип выветривания, также при содействии органических веществ, наблюдался в третьем случае. Свежий цеолит, подвергавшийся выветриванию, взят при таких же условиях залегания, как и предыдущий образец, т. е. непосредственно из горизонтов почвы. Минерал белого цвета, плотный и сплошной; только по трещинам и пустотам вместе с изменением цвета наблюдается и распадение минерала на призматические иголки; в дальнейшем эти иголки образуют кристаллический порошок.

Нетронутый процессами выветривания минерал растворяется в теплой соляной кислоте целиком. При прокаливании его порошка в платиновом тигле он не только спекается, но отчасти и сплавляется. Состав минерала выражается следующими данными:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Сумма
[%]	46,50	26,63	6,63	8,40	11,93	100,09
[г-моль]	0,770	0,260	0,118	0,135	0,662	
			0,253			
	3,04	1,01	1		2,61	

По составу цеолит близко стоит к мезолиту. Получающееся из него в конечном результате белое порошковатое вещество имеет такой состав:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Сумма
[%]	49,20	23,80	10,55	1,30	15,07	99,92
[г-моль]	0,814	0,232	0,188	0,020	0,837	
			0,208			

Часть воды, а именно 3,39%, выделяется при температуре 102—110° С. Если недостающее небольшое количество оснований дополнить водой, то получаются следующие отношения:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO+Na <sub>2</sub> O+H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
3,5	1	1	3,5

Вещество по составу приближается к *ломонтигу*, с которым оно сходно и по характеру воды.

В промежуточной зоне между свежим мезолитом и ломонтигоподобным порошковатым соединением залегает промежуточное и по составу соединение. Как показывает анализ, это соединение характеризуется следующими данными:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Сумма
[%]	48,41	25,28	8,62	4,98	12,66	99,94
[г-моль]	0,801	0,247	0,154	0,080	0,702	
			0,234			
	3,24	1	1		2,79	

При 100° С вещество выделяет ничтожное количество воды, а именно 0,788. Представляет ли это вещество простую смесь мезолита и ломонтита или индивидуализированное соединение, решить трудно, так как хотя вещество и кристаллическое, но кристаллов сколько-нибудь ясных не наблюдалось.

Для более удобного сравнения сопоставляем данные всех трех анализов [в %]:

H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O
11,93	46,50	26,63	6,63	8,21
15,07	49,20	23,80	10,55	1,38
12,65	48,41	25,28	8,62	4,98

Как видно, наряду с убылью глинозема и натра происходит увеличение процентного содержания не только кремнезема и воды, как это наблюдалось при выветривании томсонита, но и извести.

Несмотря на то, что выветривание цеолитов Цхра-Цкаро протекает в общем несколько сложнее, чем выветривание других алюмосиликатов, рассмотренных нами раньше, однако и здесь в большинстве случаев наблюдается та же тенденция проходить стадии кислых солей на пути превращения в кислоту. Если все эти кислые соли и не являются в виде ясно образованных кристаллов, тем не менее они кристалличны и даже обладают дву-преломлением, хотя и слабо выраженным, иногда едва заметным. В данном случае не может быть и речи о том, что исследованные вещества представляют механические смеси свежего цеолита и глины; это ясно, между прочим, и из того, что кислые цеолиты столь же легко и целиком разлагаются теплой разведенной соляной кислотой, как и произведшие их средние цеолиты, тогда как ни каолинит, ни галлуазит в этих условиях не разлагается.

Относительно двух последних случаев распада цеолитов невольно возникает сомнение, приведут ли наблюдающиеся здесь процессы к образованию глины или произойдет распад алюмосиликатов до конца. Как видно, замещение оснований водой в этих случаях идет крайне медленно, во всяком случае медленнее, чем убыль глинозема и прирост кремнезема. Если такая реакция без существенных изменений будет продолжаться и дальше, естественнее ожидать полного распада алюмосиликата с выпадением кремнезема и выносом оснований и полуторных окислов. По-видимому, такой тип распада алюмосиликатов и совершается в подзолистых почвах, где ортштейны нередко вместе с окисью железа накапливают в себе и глинозем.

Согласно исследованиям Ramann (1905), ортштейн одной анализированной им песчано-подзолистой почвы содержал 3,845%

$Al_2O_3$ , тогда как в подзолистом горизонте глинозема всего 1,677%, а в подстилающем ортштейн песке — 3,610. При этом количества растворимого в HCl глинозема во всех трех горизонтах изменяются следующим образом [в %]:

Подзол	Ортштейн	Песок
0,0268	1,5256	0,4000

По анализам Павлинова, относящимся к подзолу Лужского уезда С.-Петербургской губернии, в содержании глинозема [в %] для различных горизонтов почвы наблюдаются следующие различия:

Горизонт А. Серый песок	0,11
В. Подзолистый	0,05
С. Ортштейн	2,30
Материнская порода	0,90 (вместе с $P_2O_5$ )

Из сопоставления приведенных данных ясно, что ортштейны обогащаются глиноземом за счет подзолистых горизонтов, где, очевидно, и происходит распадение алюмосиликатов с наибольшей энергией.

Может быть, не лишним будет отметить здесь еще одно интересное явление в процессах выветривания цеолитов. Как известно из лабораторных исследований (Eichhorn, 1858; Lemberg, 1870, 1876, 1877, 1887), при действии кальциевых солей минеральных кислот натровые цеолиты нелегко обменивают натр на известь, реакция протекает с трудом и не до конца. Между тем, в исследованных нами случаях отмечалось замещение натра известью, иногда довольно полное. И в данном случае не следует упускать из виду способности гуминовой кислоты отнимать натр от алюмосиликатов.

Резюмируя изложенное, мы должны прийти к выводу, что все распространенные в природе алюмо- и феррисиликаты, если они не находятся среди гумусовых горизонтов почвы и не подвергаются действию заметных количеств веществ гумуса, испытывают в общем тот же последовательный ход распада, как и простые силикаты, для которых этот процесс представлялся, по-видимому, более ясным.

Так, по отношению к выветриванию оливина определенно было известно, что серпентинизацией минерала процесс распада не заканчивается и что серпентин способен разлагаться и дальше, давая ряд промежуточных кислых солей, превращающихся постепенно, в свою очередь, в свободную кислоту, правильнее говоря в ангидрид кислоты (кварц), ибо кремневые кислоты малоустойчивы в природе.

Тот же путь, очевидно, проходят и метакремневые соли, которые, по-видимому, имеют промежуточные этапы по пути превращения в тальк. По крайней мере, такое впечатление получается от исследований Johansson, который изучал энстатиты и продук-

ты их выветривания. Из его исследований интересен, между прочим, анализ баститообразного минерала из Kjørresstadkilen в Норвегии, давший следующие результаты [в %]:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	FeO	MnO	H <sub>2</sub> O
56,35	0,23	33,92	3,33	0,20	6,88

Кристаллы энстатита из Бамле обнаруживают иногда совершенно свежее ядро; внешние части, а местами и весь кристалл, превращены в темно-зеленое, похожее на жировик \*, вещество. Продукт превращения считали тальком, но, по Johansson, процесс распада сложнее. Вначале идет обильное образование трещин и вдоль этих трещин образуется чешуйчатый минерал, который должен стоять довольно близко к тальку, однако в нем 57—58% SiO<sub>2</sub>, тогда как в тальке 63,5%. Одновременно часть железа выделяется в форме магнетита.

В качестве ближайшего продукта изменения являются бастит и зерна магнетита. Бастит в отношении энстатита располагается так, что длинный размер его волокон параллелен вертикальной оси энстатита, а наиболее ясная спайность совпадает с брахипинаксом. Из бастита уже образуется чешуйчатый минерал, похожий на тальк.

Если по отношению к силикатам вопрос о постепенном ходе разложения стоял достаточно определенно, то по отношению ко многим алюмосиликатам такой определенности не было. Lemberg (1876), много потрудившийся над вопросами о выветривании и превращении силикатов, в одной из своих работ, изучая выветривание олигоклаза из турмалинового гранита близ Предаццо, заканчивает это изучение следующими словами: «К сожалению, невозможно получить в достаточном количестве свежий и выветрившийся олигоклаз, чтобы исследовать действие на них кислот и солей для решения важного вопроса, получают ли при выветривании промежуточные продукты, благодаря частичному выделению или замещению другими веществами, или, как обычно принимается по отношению к отчасти выветрившемуся продукту, он есть смесь совершенно измененного и свежего веществ».

Если этот вопрос оказалось затруднительным решить на группе полевых шпатов, которые не дают ясно кристаллических промежуточных продуктов выветривания, то на авгитах, слюдах и цеолитах он, как мы видели, совершенно определенно решается в смысле существования целого ряда промежуточных продуктов выветривания — кислых солей, часто ясно кристаллических.

Сложные алюмосиликаты, содержащие кроме алюмосиликатного ядра и продукты присоединения к последнему, при выветривании постепенно теряют эти присоединяющиеся группы, что ясно видно на процессах выветривания биотитов и гранатов. Ин-

\* То же, что стеатит — разновидность талька. — *Прим. ред.*

тересно, что при распаде этих групп, в данном случае имеющих характер оливинового ядра, конечным продуктом оказывается, как и у оливина, кварц.

Выяснилось также, что феррисиликаты далеко не отличаются той стойкостью, как соответственные алюмосиликаты, и что свободные кремнежелезистые кислоты должны представлять крайнюю редкость среди продуктов выветривания. Изоморфные же смеси, в которых в большом количестве кремнеглиноземистой кислоты растворено небольшое количество кремнежелезистой, оказываются довольно устойчивыми и среди продуктов выветривания далеко не представляют редкости.

Возможны, однако, при особых, очевидно, условиях выветривания, случаи, когда в изоморфных смесях феррисиликаты сохраняются в больших количествах. Такой случай представляет один из типов выветривания биотита Белой Церкви, где минерал раньше превращения в каолинит проходит стадию зеленого порошкообразного вещества.

Выветривание цеолитов Цхра-Цкаро достаточно определенно свидетельствует, что при содействии веществ гумуса процессы распада алюмосиликатов могут совершаться существенно иначе, чем при действии воды и углекислоты, и что на гумусовые горизонты почв должно быть обращено особое внимание при изучении типов выветривания алюмосиликатов в природе. Думаем, что сообщенные факты дают нам основание с большей уверенностью утверждать, что в различных почвенных типах мы должны ожидать и более или менее различные типы выветривания алюмосиликатов и что, таким образом, почвенные типы отличаются друг от друга не только своими внешними морфологическими признаками, не только разнообразными комплексами органических веществ, но и сущностью того химического процесса, который совершается в материнской породе при превращении ее в тот или иной почвенный тип, а следовательно, и комплексами промежуточных и даже конечных продуктов выветривания минералов.

### РАЗБОР ПОЧВЕННО-ЦЕОЛИТНОЙ ГИПОТЕЗЫ

Обсуждая вопросы о выветривании силикатов и силикатных пород, нельзя не остановиться на разборе достаточно общепринятого положения о возможности накопления в продуктах выветривания цеолитов.

Едва ли можно сомневаться в том, что огромное число месторождений цеолитов получилось благодаря выделению этих минералов из растворов. Также несомненно и то, что нередко такие растворы могли получаться при выветривании. Вопрос, следовательно, не в том, могут или нет процессы выветривания давать минерал для образования цеолитов, а в том, могут ли эти обра-

зования получаться в самой почве, в особенности в ее гумусовых горизонтах.

Представление о почвенных цеолитах создано при изучении явлений поглощения в почвах. Наблюдая, что почва способна обмениваться основаниями с притекающими к ней соляными растворами и что к такой же реакции обмена в высокой степени способны цеолиты, исследователи заключали, что в почвах есть цеолиты. Зная, с другой стороны, что цеолиты легко разлагаются даже слабыми растворами соляной кислоты и что такие растворы способны отчасти разлагать и почвы, опять-таки делали вывод о существовании в почвах цеолитов. Наконец, цеолитная теория находила опору и в тех лабораторных исследованиях (Lemberg, 1883, 1885), которыми у каолина была обнаружена способность вступать в реакции с едкими и кремнекислыми щелочами и давать цеолитоподобные соединения.

Вот и все спорные пункты почвенно-цеолитной гипотезы. Следует еще прибавить к сказанному, что непосредственно никто и никогда в почвах цеолитов не видел; мало того, изучавшие минералогический состав почвы исследователи утверждали даже, что цеолиты представляют такую же редкость в почвенных массах, как нефелин или лейцит (Steinriede, 1889).

Посмотрим прежде всего, насколько надежны те основы, на которых зиждется цеолитная теория, и остановимся сначала на реакциях обмена. Оказывается, что такие реакции свойственны не только цеолитам, но и целому ряду первичных минералов. О способности таких минералов реагировать с растворами солей мы уже знаем из немецких работ; здесь приведем еще несколько данных, касающихся того же вопроса.

Волластонит, будучи прокипячен с 5%-ным раствором  $\text{NH}_4\text{Cl}$  в течение 15 мин., отдал в раствор 13,93% извести. Тот же минерал реагирует с  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и при комнатной температуре, хотя и менее энергично: в растворе определяется 1,98% извести. Реакции  $[\text{NH}_4\text{Cl}]$  с другими минералами при тех же условиях дают следующие результаты [по растворимости окислов, в %]:

Бронзит	$\text{MgO}$	0,67	Роговая обманка	$\text{MgO}$	0,12
Родонит	$\text{Mn}_2\text{O}_3$	2,67	Гранат	$\text{MgO}$	0,087
Лучистый камень	$\text{CaO}$	0,47	»	$\text{FeO}$	0,008
»	$\text{MgO}$	0,28	Ортоклаз	$\text{K}_2\text{O}$	0,058
Роговая обманка	$\text{CaO}$	0,16	Мусковит	$\text{K}_2\text{O}$	2,56

Если с рассмотренными уже результатами реакций обмена у отдельных минералов сопоставить данные, полученные таким же способом с некоторыми почвенными глинами, то нетрудно будет видеть, что даже мельчайшие частицы этих последних ( $<0,005$  мм в диаметре) сравнительно слабо реагируют с  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Глина из Встеселова Горопецкого уезда Псковской губернии, будучи обработана раствором нашатыря, отдала в раствор:  $\text{CaO}$  — 0,23%,  $\text{MgO}$  — 0,08,  $\text{K}_2\text{O}$  — 0,068,  $\text{Na}_2\text{O}$  — 0,016%. Глина из

д. Базари того же уезда: CaO — 0,19%, MgO — 0,075, K<sub>2</sub>O — 0,039, Na<sub>2</sub>O — 0,012%. Глина Опочецкого уезда той же губернии: CaO — 0,19%, MgO — 0,06, K<sub>2</sub>O — 0,062, Na<sub>2</sub>O — 0,028%.

Как видно, количество оснований настолько мало, что если отнять от них то, что падает на долю полевых шпатов, слюд и роговых обманок, найденных в составе этих глин, то на долю цеолитов не останется ничего. Помимо этого, наблюдается прямой параллелизм между реакциями роговых обманок, с одной стороны, и псковских глин — с другой. Роговые обманки в своем составе содержат больше магнезии, чем извести, а между тем как у роговых обманок, так и у глин при реакции с NH<sub>4</sub>Cl переходит в раствор больше извести, чем магнезии.

В дополнение к сообщенным данным можно привести ряд аналогичных определений (сделаны М. Ф. Колоколовым) для поверхностных горизонтов некоторых почв Псковской губернии. Определения [в %] произведены при помощи 10%-ного раствора NH<sub>4</sub>Cl; цифры получились следующие:

	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
Суглинок	0,18	0,02	0,17	0,06
»	0,25	0,07	0,18	0,07
Супесь	0,04	0,05	0,16	0,06
Глинистый песок	0,03	0,03	0,21	0,03

Здесь прежде всего бросается в глаза тот факт, что супесчаные и песчаные почвы, в которых мелкозема почти нет и, следовательно, нет той среды, где могли бы скрыться от глаза наблюдателя проблематические цеолиты, отдают в раствор не только не меньшее, чем суглинки, количество калия, а даже и большее (глинистый песок). Источниками калия в этих почвах являются ортоклаз, микроклин и слюды, присутствие которых несомненно.

К сказанному необходимо прибавить, что кроме первичных минералов в почве есть гумус, чрезвычайно легко и энергично вступающий в различные реакции, в том числе и в реакции обменного разложения.

Все это убеждает нас в том, что первый из опорных пунктов почвенно-цеолитной теории является весьма ненадежным и что исследование реакций поглощения в почве скорее должно привести к отрицанию почвенных цеолитов.

Приведенные выше данные относятся к почвам подзолистой группы, занимающей на земном шаре обширные пространства лесных областей умеренных широт. По отношению к этой группе почв у нас имеются и другие соображения, говорящие за то, что не только накопление, но и образование цеолитов среди поверхностных почвенных горизонтов представляется здесь невероятным. Сохранение, а тем более накопление цеолитов при таком типе выветривания, где разлагаются до конца и более прочные алюмосиликаты, конечно, невозможно. Столь же невозможно это и для другой громадной полосы земного шара — тропической и

частью субтропической, где, как известно, также идет полный распад алюмосиликатов, хотя и по другому типу, чем в подзолистой полосе.

Доказательством сказанного могут служить [приведенные ранее] примеры выветривания, из которых видно, что в подзолистых почвах вершины Цхра-Цкаро идет энергичный распад некогда образовавшихся цеолитов. В окрестностях Чаковы такой распад, совершаясь несколько по иному типу, идет еще более энергично, так как разрушаются до конца не только цеолиты поверхностных, но и очень глубоких (до сажени и более) горизонтов. Тип выветривания в Чакове, как мы видели, в большей или меньшей степени приближается к субтропическому.

Остаются, следовательно, области степей и сухих степей (полупустынь), где в процессах выветривания принимают участие вещества гумуса иного характера, чем в подзолистой полосе. Вопрос о характеристике местных процессов почвообразования мы рассмотрим несколько ниже.

Посмотрим теперь, насколько основательно второе положение, приводившееся в защиту цеолитной гипотезы. Когда-то принималось, что каолинит и первичные силикаты не разлагаются 10%-ной соляной кислотой, хотя еще у Bischof имеется ряд данных, указывающих на способность полевого шпата уступать действию соляной кислоты. Относительно недавние опыты проф. П. А. Земляченского показали, что и каолинит, и все вообще распространённые в природе силикаты значительно разлагаются соляной кислотой. Отсюда следует, что способность почвы уступать действию 10%-ной HCl ни в коем случае не может свидетельствовать в пользу почвенных цеолитов, как это принималось многими почвоведомы и агрокультур-химиками. Несомненно, что указанный реактив растворяет прежде всего гидраты окиси железа и глинозема, фосфорнокислые и другие соли, в том числе и соли органических кислот, а затем разлагает и целый ряд первичных минералов.

Многие исследователи указывали также, что продукты выветривания вообще отличаются большей растворимостью в соляной кислоте, чем породы, давшие им начало. На каких элементах состава сказывается эта большая растворимость, видно, между прочим, из следующих данных: Вольф обрабатывал триасовый песчаник и продукт его выветривания горячей концентрированной соляной кислотой и получил такие результаты [в %]:

	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
Песчаник	0,033	1,03	0,27	0,016	0,085	Сл.	0,049	0,006
Продукт выветривания	0,130	2,01	2,33	0,140	0,105	0,044	0,150	0,006

Из цифровых данных видно, что значительно повышается растворимость полуторных окислов, растворимость же щелочей и щелочных земель увеличивается весьма слабо, а между тем, как показывает валовой анализ тех же продуктов, в песчанике содер-

жится меньше щелочей, чем в продукте его выветривания, а именно [в %]:

	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
Песчаник	1,90	0,08
Продукт выветривания	2,78	0,39

Из сопоставления этих данных очевидно, что как в песчанике, так и продукте его выветривания щелочи принадлежат таким минералам, которые нелегко уступают действию кислот.

Lemberg (1883) разлагал соляной кислотой фонолит и продукт его выветривания и получил [в %] такие результаты (следует заметить, что свежий фонолит содержал, между прочим, натровый цеолит):

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO
Свежий фонолит	21,64	10,37	2,33	1,07	0,28	0,45	0,40
Выветрившийся фонолит	17,98	11,26	2,72	1,01	0,11	0,06	0,44
	(в растворе соды)						

Hilger и Lamper (1886) исследовали гранит и продукты его выветривания с помощью того же реактива и полученные ими данные таковы [в %]:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	С У М М А
Гранит	0,07	6,33	3,45	0,46	0,52	0,97	11,80
1-й продукт выветривания	0,12	8,78	3,71	0,19	0,59	1,13	14,52
2-й продукт выветривания	0,39	14,03	4,43	0,24	0,89	1,38	21,36

Как видно, разница в разлагаемости гранита и второго продукта его выветривания действительно велика. Она достигает 9,5%, но из этого количества 9% приходится на полуторные окислы и только 0,5% падает на основания.

Из всех обобщенных данных очевидно, что растворимость или разлагаемость продуктов выветривания зависит главным образом от накопления в них гидратов полуторных окислов и глин. Таким образом, и способность продукта выветривания легче уступать действию соляной кислоты, чем это наблюдается по отношению к свежей породе, вовсе еще не говорит в пользу цеолитной гипотезы.

Раньше чем мы перейдем к рассмотрению последнего опорного пункта цеолитной гипотезы, следует отметить еще одно обстоятельство, говорящее не в пользу этой гипотезы. Если просматривать многочисленные анализы различных продуктов выветривания более глубоких (не гумусовых) горизонтов, то нетрудно убедиться, что таковые продукты всегда беднее основаниями по сравнению с горными породами, давшими им начало. Это обстоятельство не могло бы иметь места, если бы выветривающиеся массы обогащались цеолитами.

Переходим теперь к последнему опорному пункту этой теории. Каолинит действительно способен образовать с едкими и кремнекислыми щелочами цеолиты и им подобные вещества, как показали многочисленные исследования Lemberg и др., но, во-первых, большинство этих исследований произведено при высоких температурах, а, во-вторых, в почвах хотя и есть каолинит и ему подобные соединения, но нет ни едких, ни кремнекислых щелочей. Последние, как указывал еще Bischof, разлагаются в присутствии углекислоты, а таковой в почвенном воздухе более чем достаточно по сравнению с теми количествами кремнекислых щелочей, которые могли бы образоваться при выветривании. С этим обстоятельством считался и проф. Lemberg (1883), в одной из своих работ делающий такое заключение: «Возможно, что уже на небольшой глубине подпочвы, где *меньше углекислоты*, чем в поверхностном горизонте, каолинообразные силикаты, которые частью были там раньше, частью были вымыты в глубину из почвенного слоя, связывают часть кремнекислой щелочи вновь, образуя цеолитоподобные минералы». Дело, однако, в том, что количество углекислоты не уменьшается с глубиной, а, наоборот, увеличивается, как показали исследования Pettenkofer (1871, 1873, 1875, 1876) и Fodor (1882).

Нам могут, впрочем, возразить, что в почвах существуют условия для образования, и там действительно образуются углекислые щелочи, а последние также способны реагировать и на каолинит, и на алюмосиликаты вообще, частью растворяя последние. Из таких-то растворов и можно представить себе выделение цеолитов. Такого рода соображения о генезисе цеолитов весьма основательны, и во многих случаях в природе цеолиты выделяются, по-видимому, из таких растворов. Однако, если с такими выводами мы подойдем к гумусовым горизонтам почвы, то увидим, что и это толкование здесь не применимо.

Гумусовые горизонты особенно характерны для почв степей и отчасти сухих степей, которые пока не были объектом нашего рассмотрения. Здесь же, как мы знаем из работ Hilgard (1893, 1896), есть условия и для образования углекислых щелочей (соды). А поэтому, казалось бы, вопрос об образовании почвенных цеолитов мог бы возникнуть только для этих областей земного шара. Представим себе, однако, что в гумусовые горизонты почвы каким бы то ни было способом попал раствор углекислой щелочи. Этот раствор, очевидно, не может сохраняться здесь неизменным сколько-нибудь продолжительно, так как углекислая щелочь тотчас же вступит в реакцию с гуминовой кислотой или ее солями, благодаря чему получится гуминовокислая щелочь. Таким образом, ясно, что и при содействии углекислых щелочей получить в почвенных гумусовых горизонтах цеолиты представляется невозможным.

Остается, наконец, последний путь: выпадение цеолитообразных соединений из растворов гуминовокислых щелочей, как это

наблюдалось в наших опытах. Для этого, как мы видели, необходимо продолжительное соприкосновение гуминовокислого раствора с алюмосиликатами, пересыщение этого раствора глиноземом и кремнеземом и образование гуминовокислых растворов значительной концентрации, что в природе может наблюдаться в сравнительно редких случаях. В частности, для черноземных почв указанный процесс едва ли возможен, так как гуминовокислые щелочи, встречаясь здесь с углекислой известью, еще в пределах гумусовых горизонтов должны выпасть из раствора и образовать нерастворимые известковые соли. Если гуминовокислая щелочь до реакции с углекислой известью успела растворить некоторое количество глинозема и кремнезема, то и эти последние выпадут в осадок вместе с гуминовой кислотой при встрече с углекислой известью. Таким путем может получиться сложное производное гуминовой кислоты, а не цеолит.

Наиболее вероятным нам представляется выпадение аморфных цеолитообразных веществ из раствора гуминовокислых щелочей в слоисто-столбчатых почвах степной и пустынно-степной полос (солонцы черноземной полосы, солонцеватые слоисто-столбчатые бурые почвы, белоземы). В солонцах, как это показал Hilgard, сода образуется среди глубоких горизонтов и поднимается к поверхности в растворе в силу капиллярности почв. В этих случаях растворы соды проходят известковые горизонты почвы, еще не успев вступить в реакцию с гуминовыми веществами, с которыми они начинают реагировать несколько выше. К такой реакции в солонцах, вероятно, способны, хотя и в меньшей степени, и другие щелочные соли. Полученные среди гумусовых горизонтов растворы гуминовокислой щелочи вместе с теми веществами, которые они успели растворить, не доходят до поверхности, а выделяют из себя растворенные вещества или целиком осаждаются на некотором расстоянии от поверхности, причем цементируют частицы почвы. Таким путем образуется столбчатый горизонт и только после того, как он образовался, начинает формироваться поверхностный слоистый горизонт. Для последнего создаются условия временного застоя влаги, в силу чего он начинает приобретать явственную, а при более благоприятных условиях и довольно резкую подзолистость\*.

Чтобы закончить с почвенно-цеолитовой гипотезой, отметим здесь, что если и возможно в некоторых исключительных случаях допустить образование цеолитоподобных силикатов в почвах, то их практическое значение, как источника минерального питания растений, сводится почти к нулю.

---

\* эти явления получили название «осолодения». — *Прим. ред.*

## ЗАКОНОМЕРНЫЕ ОТНОШЕНИЯ В РАЗМЕЩЕНИИ ПРОДУКТОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ ПО ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Главнейшими реактивами процессов выветривания и почвообразования, поскольку выяснилось до настоящего времени, являются углекислая вода, слабые соляные растворы, в том числе и растворы углекислых щелочей, которые по результатам своего действия должны быть поставлены особо от всяких других соляных растворов, растворы гуминовокислых щелочей, кислоты креновая и частью апокреновая.

Наиболее универсальное значение имеет первый из перечисленных реактивов, так как он распространен всюду, и каковы бы ни были реактивы выветривания в поверхностных гумусовых горизонтах той или иной почвы, глубокие горизонты тех же почв уже находятся во власти по преимуществу углекислой воды. Вот почему в глубоких безгумусовых горизонтах довольно разнообразных почвенных типов мы нередко находим однородно идущие процессы распада одних и тех же минералов. Так, например, с процессами каолинизации полевых шпатов и слюд мы можем встретиться как в глубоких горизонтах черноземной, так и болотной почв. Доказательства высказанного положения мы отчасти можем найти и среди материала данной работы, но и помимо этого можно было бы привести ряд примеров. Так, мы наблюдаем совершенно явственную каолинизацию полевых шпатов в безгумусовых горизонтах челябинского чернозема; не менее ясно тот же процесс не только для полевых шпатов, но и для биотита может быть отмечен для глубоких горизонтов чернозема Белой Церкви. С другой стороны, нам приходилось неоднократно наблюдать каолинизацию полевых шпатов в полуболотных почвах окрестностей Житомира, также среди безгумусовых горизонтов. Но до сих пор нам не удавалось видеть сколько-нибудь определенных процессов каолинизации в переходных горизонтах подзолистых почв.

Из сказанного следует, что наибольшего разнообразия в процессах превращения различных минералов мы вправе ожидать именно в гумусовых горизонтах почвы, где реактивы выветривания разнообразнее, чем в более глубоких слоях.

Разнообразие указанных реактивов определяется, несомненно, теми внешними условиями, при которых совершается процесс почвообразования, а среди внешних условий первое место принадлежит климату.

Насколько можно судить по имеющимся данным, продукты выветривания и почвообразования могут быть распределены по следующим категориям:

1. Вещества гумуса и их сложные производные.
2. Соли минеральных и органических кислот.
3. Гидраты полуторных окислов (и окислы марганца).

4. Гидраты кремнезема и кварц.

5. Кислые силикаты и алюмосиликаты.

6. Глины, из коих в качестве продуктов выветривания мы знаем пока каолинит, галлуазит и цимолит (или анауксит).

Из всех перечисленных продуктов выветривания особенно резко выделяются вещества гумуса и соли, в размещении которых по земной поверхности наиболее ярко отражается влияние климата. Не останавливаясь на гумусе, химическая природа которого еще недостаточно разъяснена, остановимся на вопросе о размещении в коре выветривания различных солей.

Области, богатые атмосферными осадками, как, например, зона тропических дождей, отчасти субтропические, а также области, богатые влагой, в силу малой ее испаряемости, какова зона лесов холодно-умеренного пояса, совершенно лишены солей в горизонтах почвы или содержат соли при некоторых исключительных условиях. Таковые в умеренной полосе осуществляются среди заболоченных и полуболотных котловин, где почвенные воды не имеют оттока.

Напротив, все области с малым количеством осадков или высоким испарением богаты солями, и чем суше область, тем ближе к поверхности скопляются соли. Уже по северным окраинам степных областей умеренной зоны в глубоких горизонтах почвы встречается углекислая известь. В степных почвах к извести начинает подмешиваться гипс, а по котловинам степей появляются и еще более растворимые соли. В пустынных степях углесоли и гипс начинают приближаться к поверхности, благодаря чему иногда самые поверхностные горизонты почв вскипают с кислотой (белоземы закавказских полупустынь, частью полупустынь Испании). В то же время по котловинкам чаще и в большем количестве скопляются легкорастворимые соли, каковы хлориды и сульфаты щелочей, сода и пр. В пустынях некоторые соли образуют на поверхности целые корки большей или меньшей мощности. В исключительно бездождных пустынях сохраняются и могут накапливаться даже столь легкорастворимые соли, как нитраты щелочей.

Не столь резко выражено влияние климата на распределение по земной поверхности другой группы продуктов выветривания—гидратов полуторных окислов, однако и здесь это влияние можно констатировать. Наибольшее скопление свободных гидратов наблюдается в тех поясах земного шара, где распад алюмосиликатов идет наиболее энергично и где нет достаточно энергичных растворителей этих соединений, которые могли бы выщелочить их из горизонтов почвы. Таковыми областями являются тропики, обильные влагой. Здесь почвы накапливают не только максимальные количества окислов железа, но и глинозема, причем наиболее значительные скопления железа приурочиваются к поверхностным горизонтам.

По Oldham, в различных латеритах Деканского плоскогорья были определены следующие количества окиси железа [в %]: Amarkantak 50,8, Kothiarwar 32,5, Main Pat, Sarguja 23,7, Kalahandi 21,4.

Насколько богаче железом поверхностные горизонты латерита по сравнению с глубокими, показывают нижеприводимые определения Blanford:

Глубина, м	1	2,5	4	5	6,6	8	9	10	13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	24,5	18,7	15,3	16,1	10,0	8,3	4,8	4,0	3,8

И в качественном отношении местные гидраты окиси железа, как, впрочем, и вообще в областях с высокой температурой, отличаются от гидратов других областей своим красным цветом. Насколько можно судить по анализам пизолитовых конкреций латерита, приводимым Du-Bois (1903), гидраты окиси железа встречаются здесь в форме туррита. Вот эти анализы [в %]:

	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	H <sub>2</sub> O
I	83,4	7,0	5,0	1,0	4,0
II	86,9	3,1	4,0	1,0	5,4

В лесных областях холодно-умеренных зон, как вообще во всех почвах, где ясно выражены подзолообразовательные процессы, гидраты полуторных окислов также накапливаются, но далеко не в таких количествах. Кроме того, в виду специальных условий выветривания в этой обстановке указанные соединения концентрируются здесь в строго определенных горизонтах.

В других климатических областях гидраты полуторных окислов также встречаются, но не образуют конкреционных форм, и если гидраты окиси могут быть замечены благодаря своей окраске, то гидраты глинозема могут быть выявлены специальными химическими исследованиями. Так как здесь гидраты глинозема относительно редки и встречаются сравнительно в небольших количествах, то их следует разыскивать только среди иловатых частиц почвенных масс, где главным образом сосредоточиваются продукты распада. Так именно поступал Hilgard. Он исследовал те частицы почв, которые оставались во взвешенном состоянии в воде после 24-часового отстаивания. Масса, состоявшая из этих мельчайших частиц, разлагалась соляной кислотой, а остаток от разложения выщелачивался содой (Lougridge, 1893). Оказалось, что в большинстве случаев количество кремнезема, вытянутого содой, было меньше количества глинозема, растворившегося в соляной кислоте, откуда следует заключить, что в почвенных массах содержались гидраты глинозема. Упомянутые исследования касаются частью почв бассейна Миссисипи, частью почв Калифорнии (в долинах и предгорьях Сьерра-Невада), из коих последние нередко содержат в своем составе и соду.

Цифровые данные (в %) приводятся ниже:

Почвы бассейна Миссиссипи			Почвы Калифорнии		
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Почва прерии	3,60	14,37	Красная почва возвышенного плато	3,80	6,28
Подпочвенный суглинок	6,57	11,23	Глинистая подпочва	7,51	9,44
Глина	5,02	11,32	Подпочва	6,42	9,31
Суглинок	1,49	2,70	Красная Foothill	4,51	8,80
Подпочва холмистой прерии	6,60	17,68	Песчаная Blachfeld	3,49	7,80
Прибрежная почва	1,49	2,70	Суглинок	3,39	8,69
Суглинистая подпочва	2,61	4,77	Почва, покрытая Scripus	4,95	7,14
Почва возвышенного плато	0,55	3,16	Бурая глинистая почва (Adobe)	2,87	7,99
Почва холмов	0,74	1,16	Прибрежная почва	5,54	13,71
Подпочва	0,80	2,67	Почва возвышенного плоскогорья	5,14	6,84
			Почва из-под слены	6,15	9,35
			Тяжелая подпочва	7,10	10,19
			Легкая подпочва	5,62	6,68

Анализируя различные русские глины, В. Ф. Алексеев (1896) пришел также к заключению о содержании в них гидратов глинозема. Наконец, Schloesing (1901) применил следующий метод для определения гидратов глинозема в почвах. Он подвергал 5 г почвы обработке 1 л слабого (около 0,5%-ного) раствора едкого натра при кипячении в течение получаса и определял затем в вытяжке количества глинозема и кремнезема. Работа велась главным образом с мадагаскарскими почвами, но попутно исследователь изучал и несколько французских почв, не подвергая их предварительному отмучиванию, как это делалось в исследованиях Hilgard. Несмотря на это, для некоторых почв получились такие данные, которые позволяют заподозрить в этих почвах присутствие гидратов глинозема.

Что касается накопления кремнезема в виде кварца, то такое может быть констатировано во всех случаях так называемого *оподзоливания*. В наиболее резкой форме наблюдается среди зоны лесов холодно-умеренного пояса, но встречается также среди столбчатых солонцов и подзоловидных почв черноземной степи и аналогичных образований пустынной степи.

Кислые алюмосиликаты и вообще промежуточные продукты распада первичных алюмосиликатов также не вполне одинаковы при различных условиях почвообразования, как это мы видели на цеолитах Цхра-Цкаро, отчасти на биотитах юго-западной России. В этой области, однако, сделаны пока лишь первые шаги: фактов для сколько-нибудь широких обобщений мало.

Образование глин, как мы уже отметили выше, наиболее заметно там, где выветривание происходит преимущественно при содействии воды и углекислоты и, по-видимому, почти отсутствует там, где действующим реактивом выветривания являются

подвижные кислоты гумуса. Отсутствие каолина в Финляндии, может быть, находится в связи с теми условиями кислотного выветривания пород, которое там существует.

Приведенные данные достаточно определенно указывают, что не только в географии растений и животных, но и в географии химических процессов среди поверхностных горизонтов земной коры существует ясная закономерность, виновником которой прежде всего является климат.

### ОПЫТ КЛАССИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ И ИХ ПРОДУКТОВ (ПОЧВ)

Казалось бы, при характеристике отдельных типов выветривания, а следовательно, и при классификации почв, необходимо руководиться тем обстоятельством, что различные типы выветривания происходят под влиянием различных природных реактивов, однако наши сведения в этом направлении не настолько полны и определены, чтобы можно было в настоящее время положить в основу почвенной классификации этот принцип. Стремясь к такой возможности, не следует упускать из виду и того обстоятельства, что нередко в пределах одной и той же почвы различные ее горизонты формируются под влиянием различных реактивов. Так, между прочим, обстоит дело с разнообразными слоегато-столбчатыми почвами черноземной и полупустынной степей (солонцы, солонцеватые почвы, некоторые разновидности подзоловидных\* почв и пр.). Здесь столбчатые горизонты цементируются под влиянием гуминово-щелочных растворов и выделяемых из последних веществ, а слоегатые, окончательно формирующиеся уже после того, когда благодаря цементированию нижележащих столбчатых горизонтов создаются условия для временного застоя влаги, развиваются в условиях кислотного выветривания.

Строго говоря, во всякой почве, состоящей из сколько-нибудь резко обособленных горизонтов, каждый горизонт представляет как бы особую зону выветривания, в пределах которой действует наиболее энергично свой определенный реактив. Поэтому чтобы получить возможность создать вполне рациональную классификацию почв, необходимо изучить процессы распада минералов *по горизонтам почвы*. Только этим путем может быть разъяснен целиком тот сложный химический процесс, благодаря которому возникают отдельные горизонты той или другой почвы.

Недостаток данных для построения строго научной классификации почв не мешает нам, однако, сделать попытку осветить с одной общей точки зрения почвообразовательные процессы земного шара. Такая попытка имеет смысл представить в общей короткой схеме всю совокупность знаний о почвах земного шара.

\* Осолоделых.— *Прим. ред.*

Прежде чем приступить к этой попытке, мы должны объяснить, почему все до сих пор известные нам классификации нас не удовлетворяют. Нам в данном случае нет особой надобности останавливаться на классификациях западноевропейских исследователей, каковы классификации Thaer, Falloux, Кнор и им подобные, во-первых, потому, что большинство этих исследователей классифицировали обычно почву как массу, а не как геофизическое тело, во-вторых, потому, что недостатки этих классификаций были уже предметом критики русских исследователей (в частности, В. В. Докучаева). Едва ли нужно здесь подробно излагать и основы классификации Richthofen (1886), находящегося под влиянием господствующих в Западной Европе взглядов, согласно которым не проводится резкой разницы между почвами, т. е. продуктами выветривания, остающимися *in situ*, и наносами, представляющими собою также продукты выветривания, но измененные, переработанные и перенесенные иногда на далекое расстояние от места их образования и в силу этого утратившие свои наиболее характерные черты.

Классификация проф. В. В. Докучаева была уже разобрана покойным проф. Н. М. Сибирцевым, предложившим свою группировку, которая и вошла в последнее время в научный обиход русских исследователей. Таким образом, мы считаем возможным остановиться здесь лишь на классификации Сибирцева. Не затрагивая деталей этой классификации и отсылая за ними читателя к работам покойного ученого, мы приведем лишь схему, данную им во втором издании курса «Почвоведения».

Класс или отдел А. Почвы зональные, мелкоземисто-перегнойные, полные

Типы:

- I. Латеритные
- II. Атмосферно-пылевые
- III. Пустынно-степные или почвы сухих степей
- IV. Черноземные
- V. Серые лесные
- VI. Дерново (или раменно)-подзолистые
- VII. Тундровые

Класс Б. Почвы интразональные

Типы:

- VIII. Солонцовые
- IX. Болотные
- X. Перегнойно-карбонатные

Класс В. Почвы азональные, неполные

Подкласс: внепойменные

Типы:

- XI. Скелетные
- XII. Грубые

Подкласс: аллювиальные

Тип

- XIII. Пойменные

Почвы первого класса, писал Н. М. Сибирцев (1893), «представляют в общем зональное или полосчатое распределение по поверхности материков, отвечающее физико-географическим зонам этих последних. В схеме наиболее экваториальное положение занимают латеритные почвы, соответствующие прерывистой, изрезанной морями, полосе материковых тропических областей. За ними к северу, а отчасти и к югу, в области континентальных плоскогорий и замкнутых или полузамкнутых равнин располагаются лёссовые и пустынно-стенные почвы, затем следуют по открытым травяным равнинам почвы черноземной группы, преемственно сменяющиеся лесными, подзолистыми и, наконец, тундровыми...

...Само собой разумеется, что полосчатость или зональность почв должна быть понимаема только как общая грубая схема. В действительности ни один почвенный тип не облекает материковой поверхности в виде сплошного пояса: все они залегают прерывистыми лентами, то расплываясь на огромную ширину, то суживаясь, то перемешиваясь между собою в пограничных областях, то, наконец, забрасываясь островками довольно далеко от главных зон. Полнота и строгая географическая последовательность почвенных типов часто нарушается вмешательством различных местных орографических и геологических особенностей, препятствующих развитию известных почв или отодвигающих их в сторону».

Устанавливая зависимость между распределением климатических факторов, Сибирцев оговаривается также, что и правильность климатической схемы нарушается во многих случаях воздушными и морскими течениями, частными особенностями рельефа и конфигурации материков и т. п. причинами.

Интразональные типы, согласно воззрениям Сибирцева, получаются там, где различные частные и местные почвообразователи обособляются и доминируют над общими зональными.

Аналогичные почвы, неполные или недоразвитые, стоят на рубеже между собственно почвами и горными породами и не приурочиваются к определенным зонам.

Со стороны основных логических требований, которые могут быть предъявлены ко всякой научной классификации, мы не видим каких-либо серьезных возражений против группировки Сибирцева, тем не менее считаем необходимым высказать по поводу данной им классификации несколько замечаний.

Прежде всего нам кажется, что термины: зональные и интразональные не совсем удачны. Соглашаясь удерживать эту терминологию для обозначения почвенных типов и разновидностей в пределах ограниченных районов, принадлежащих одной какой-либо определенной зоне, т. е. оставляя эти термины в качестве географических, мы отказываемся, однако, признать за ними классификационное значение на основаниях, которые ниже излагаем.

Если понимать, согласно Сибирцеву, под почвами интразо-

нальными те, которые появляются в той или другой зоне в силу преобладания каких-либо местных факторов над общими зональными, то нам пришлось бы относить к числу интразональных почв и те отдельные островки чернозема, подзола, лесного суглинка и пр., которые встречаются не в своих, а в соседних зонах, ибо они встречаются здесь именно потому, что какие-нибудь частные факторы взяли перевес над факторами зональными. Таким образом, один и тот же почвенный тип пришлось бы в одних случаях признавать зональным, а в других — интразональным. Пока мы находимся в области географии почв, данное обстоятельство не вносит никакой путаницы, но когда мы переходим в область вопросов классификации, то должны с этим серьезно считаться.

По отношению к группе азональных почв следует также сделать некоторые замечания. Так, например, мы не видим надобности выделять в группу азональных аллювиальные почвы на том основании, что при формировании их к процессу почвообразования присоединяются другие динамические процессы. Таких почв вообще немало в природе, и кроме аллювиальных в ту же группу пришлось бы зачислить делювиальные, эоловые и пр. почвы. На почвах речных долин мы наблюдаем ясно или морфологические признаки болотных и полуболотных почв, или подзолистых и серых лесных, или солонцовых и т. д., следовательно, и должны их относить к соответственным типам и разностям с оговоркой, что мы в данном случае имеем в виду полуболотную аллювиальную, подзолистую аллювиальную почву. Если же аллювиальные процессы настолько берут перевес над процессами почвообразования, что совершенно маскируют последние, то лучше не говорить о почве, а называть образование аллювием, относя его, таким образом, к механическому осадкам.

По той же причине мы не находим возможным выделять в особую основную классификационную группу грубые почвы, куда, согласно Сибирцеву, относятся почвы, лишенные благодаря смыванию или выдуванию, значительной части мелкоземистоперегнойного горизонта. Несомненно, что такие почвы будут далеко не одинаковы в зависимости от того, произошли ли они из подзолистых, черноземных или каких-либо иных почв. Если на них сохранились еще слабые следы почвообразовательных процессов, то всегда можно их назвать: *размытым подзолистым суглинком, развеянным черноземом* и т. д., если же следов почвообразования не сохранилось, то это, конечно, не почвы, а горные породы.

Таковы существенные соображения, которые заставляют нас отказаться от терминов: *зональные, интразональные* и *азональные*, как классификационных.

Кроме того, нам представляется желательным, помимо широких группировок, каковыми являются классы Н. М. Сибирцева, выделение более тесных групп, которые объединяли бы в себе

почвы с близкими условиями генезиса, а вследствие этого со сходными чертами строения и химизма.

Из того, что говорилось раньше по вопросу о распределении почвенных солей в различных климатических зонах земного шара, можно было уже сделать вывод, что при наблюдении процессов почвообразования наиболее рельефно выделяется работа воды, циркулирующей в поверхностных горизонтах земной коры. Та или иная степень увлажнения сказывается не только на энергии распада органических остатков, но и на скорости и глубине проникания в почву продуктов этого распада. От нее же зависит распределение солей в горизонтах почвы, ею же, наконец, обуславливается и бóльшая или меньшая интенсивность процессов выветривания.

О первенствующем значении влаги в процессах почвообразования неоднократно говорил в своих работах Н. М. Сибирцев (1893). На это же обстоятельство обращал в свое время внимание и П. А. Костычев (1886). Тот же вывод можно сделать, наконец, и из исследований Hilgard, который в своих работах противопоставлял почвы сухих областей Северной Америки почвам влажных ее районов и этим самым подчеркивал громадное значение влажности в процессах почвообразования.

Необходимо, однако, оговориться, что как бы наглядно ни отражалось влияние степени (и способа) увлажнения верхних горизонтов земной коры на строении почвы во всю ее толщину, что делает весьма удобным принятие этого условия за существенный классификационный признак, самое увлажнение есть результат разнообразных влияний. Степень увлажнения той или другой части земной поверхности зависит не только от количества атмосферных осадков, но и от температуры, влажности воздуха, рельефа, характера материнской породы и растительного покрова.

Отрицать влияние температуры на образование почвенных типов и на их закономерное распределение мы не имеем никакого права. Действие температуры сказывается прежде всего на величине испарения выпавшей влаги, а следовательно, и на всех процессах, связанных с испарением, каковы, например, процессы капиллярного поднятия растворов и кристаллизации солей.

В областях, сильно нагреваемых, температура отзывается и непосредственно на окраске почвенных образований, в чем нас убеждает исследование латеритов, красноземов и субтропических полупустынных почв, где обезвоживание гидратов окиси железа и переход их в маловодный гидрат (турьит) находится в зависимости от температуры (Глинка, 1903).

Изучая почвы Алжира, Vlanckenhorn замечает, между прочим, что хотя в средиземноморской области Африки выпадает местами не меньше осадков, чем в южной Европе, однако сила испарения здесь немногим меньше, чем в пустыне, и этим объясняется капиллярное поднятие растворов углекислой извести и образование известковой коры, которая в южной Европе неизвестна.

Наконец, зональное распределение почвенных типов Евразии только и может быть объяснено при условии, что в этом распределении играли роль не только осадки, но и температура, так как ни одна из почвенных зон этого материка не получает на всем своем протяжении одинакового количества осадков. По мере приближения к Азии количество осадков в пределах одной и той же почвенной зоны постепенно уменьшается и почвенные зоны вместе с тем постепенно поднимаются к северу, попадая в области с более низкой температурой, которая, компенсируя силу испарения, устанавливает одну и ту же или близкую степень увлажнения поверхностных горизонтов земной коры. Мало того, в пределах Европейской России мы найдем, несомненно, не только отдельные пункты, но и районы с одинаковым количеством осадков, но с разной температурой, а потому и с разными почвами.

Таким образом, признавая увлажнение важным классификационным признаком, мы не упускаем из виду и температуры, влияние которой хотя и не меньше, чем влаги, но в большинстве случаев не сказывается так наглядно на строении почв.

Классифицируемым разностям почв мы хотя и даем зачастую те же названия, какие приняты были В. В. Докучаевым и Н. М. Сибирцевым, но понимаем эти образования в более широком смысле, т. е. не только в качестве гумусовых горизонтов, но в качестве остающейся на месте коры выветривания земной поверхности.

Принимая, что факторы климата или *внешние* почвообразователи играют весьма важную роль в процессах почвообразования, мы тем не менее должны признать, что влияние этих факторов сказывается в различных случаях далеко не с одинаковой интенсивностью. Порой химический состав или физическое строение материнской породы мешают определенно развиться тому почвенному образованию, которое должно было развиться при данных внешних условиях. Наиболее резким примером такого вмешательства свойств материнской породы служат перегнойно-карбонатные почвы, которые обладают, поскольку нам до сих пор известно, одинаковыми морфологическими признаками, как в том случае, когда они лежат в зоне подзолистых почв, так и в том, когда они формируются в области чернозема или полупустынной крымской степи.

Подобные примеры заставляют нас выделить в особую группу те почвы, на строении и свойствах которых в резкой форме сказывается влияние внутренних условий почвообразования (*свойства материнской породы*). Эту группу мы предлагаем называть *эндодинамоморфными* почвами в отличие от *эктодинамоморфных*, где более резко и определенно выражено влияние внешних условий.

Относя к эндодинамоморфным, между прочим, *скелетные почвы*, мы должны, однако, оговориться, что имеем в виду лишь такие скелетные почвы, на строении и химизме которых не сказались еще определенно внешние условия, при которых эти почвы

формируются. Само собой разумеется, что если почва, лежащая на граните, обладает явными свойствами чернозема или почва, залегающая на глинистом сланце, несет ясные следы подзолообразовательных процессов, то таковые почвы будут зачислены в соответственные группы эктодинамоморфных почв.

Уже из сказанного можно видеть, что эндодинамоморфные почвы являются как бы временными, переходными образованиями. Правда, и эктодинамоморфные почвы также образования временные, и при изменении внешних (преимущественно климатических) условий одно почвенное образование может переходить в другое, что мы можем видеть на примере чернозема, который при продолжительном существовании на нем леса, вносящего вместе с собою и большее увлажнение поверхностных горизонтов почвы, превращается постепенно в серый лесной суглинок. Но эндодинамоморфные почвы способны к превращениям и без всяких изменений внешних условий, что мы сейчас и покажем на примере.

Представим себе, что в климатической зоне, где преобладают подзолистые почвы, имеются выходы мергелистых пород. На мергелистых породах начнут формироваться перегнойно-карбонатные почвы (рендзины), резко отличающиеся от соседних подзолистых суглинков, развивающихся рядом на лёссе или моренных глинах. В первых стадиях образования рендзин сильное влияние будет оказывать химический состав породы, благодаря которому будет задерживаться разложение органических веществ и гумус будет накапливаться преимущественно в виде соединений малоокисленных, но, как мы знаем, глубина просачивания гуминовых веществ не беспредельна, а в данном случае она будет особенно невелика благодаря связыванию кислот гумуса углекислой известью. Но выветривание мергелистой породы не ограничится, конечно, образованием гумусового горизонта, а будет продолжаться и глубже этого последнего с той лишь разницей, что в этом случае будут действовать на мергель не гумусовые растворы, а главным образом вода с углекислотой. Следовательно, в то время, как в поверхностных слоях будет формироваться из мергелистой породы гумусовый горизонт, в более глубоких слоях пойдет образование буроватого или желтоватого суглинка. Когда наступит такой момент, что гумусовый горизонт отделится от мергелистой породы слоем суглинка, не содержащего углекислой извести, и сам будет лишен обломков мергеля, тогда исчезнут условия, благодаря которым в почве накапливался гумус и задерживалась работа гумусовых кислот, и выступит на первый план влияние климатических факторов. А комбинация последних в подзолистой полосе такова, что не способствует накоплению значительных количеств перегноя и создает условия для образования легкоподвижных и энергичных кислот гумуса. Следовательно, с указанного момента рендзинная почва начнет понемногу видоизменяться, ее гумус начнет энергичнее окисляться и в конце концов она неминуемо превратится в подзолистую почву.

Эти теоретические соображения нам удалось подтвердить наблюдениями в природе над превращением рендзин в окрестностях г. Холма Люблинской губернии в подзолистые суглинки.

Обратимся теперь к более подробному рассмотрению эктодинамоморфных почв и к их более детальному подразделению.

Сообразно с относительным количеством влаги, достигающей в различных областях земного шара на долю поверхностных горизонтов земной коры для процессов почвообразования, мы можем подразделить эктодинамоморфные почвы на следующие классы:

I.	Почвы	оптимального	увлажнения
II.	»	среднего	»
III.	»	умеренного	»
IV.	»	недостаточного	»
V.	»	избыточного	»
VI.	»	временно-избыточного	»

Само собой разумеется, что никаких определенных норм влажности мы дать не можем, а имеем в виду лишь относительные количества (меньше — больше). Приведем здесь краткую характеристику намеченных выше групп.

I. Почвы оптимального увлажнения развиваются при значительных количествах влаги и высокой температуре. При этих условиях большая часть органических остатков минерализуется до конца, почему почвы содержат очень мало гумуса. Получающиеся при распаде органических веществ и выветривании силикатов соли совершенно выщелачиваются из продуктов выветривания. Полуторные окислы не выносятся и, наоборот, накапливаются, но наряду с ними из алюмосиликатов образуются и глины. Накопление гидратов окиси железа указывает на то, что органические кислоты (кислоты гумуса) не играют роли в процессе выветривания; силикатный кремнезем уносится из продуктов выветривания. Наиболее вероятными реактивами этого типа выветривания являются углекислая вода и углекислые щелочи. Последние могут и должны получаться здесь при выветривании и просачиваться в глубину, так как тут нет достаточно гумуса, чтобы задержать эти соли и превратить их в соли гумусовых кислот. Действием углекислых щелочей мы объясняем отщепление глинозема от алюмосиликатов и перенос последнего в растворенном состоянии (образование конкреций гидраргиллита).

К этой группе относятся *латериты*, *красноземы* влажных субтропических областей и, вероятно, *желтоземы*, впервые указанные Richthofen (1886) и наблюдавшиеся нами в широком развитии местами в южной Франции.

II. Почвы среднего увлажнения формируются при таких условиях влаги и температуры, которые достаточны для того, чтобы не дать возможности гумусу накапливаться в значительных количествах. Полной минерализации органических остат-

ков, однако, здесь не происходит; их окисление останавливается на образовании средних стадий распада, какова креновая кислота. В присутствии значительных количеств последней углесоли не образуются, другие же легкорастворимые соли из горизонтов почвы выщелачиваются. Таким образом, почвообразующие породы подвергаются преимущественно кислотному выветриванию. Распад алюмосиликатов идет по тому же типу, как он идет вообще при действии слабых кислот. Следовательно, из выветривающихся горизонтов выносятся не только основания, но и полуторные окислы. При конечном распаде алюмосиликатов на месте остается кремнезем в виде кварца. Промежуточные стадии распада представлены кислыми алюмосиликатами (в смысле большого содержания кремнезема). Примером могут служить некоторые выветривающиеся цеолиты Цхра-Цкаро. Выщелоченные основания по большей части уносятся из продукта выветривания, а полуторные окислы вместе с органическими веществами выделяются, образуя конкреционные формы (ортштейн).

К этой группе относятся *подзолистые и лесные почвы* холодно-умеренной зоны.

III. Почвы умеренного увлажнения образуются при таких количествах влаги, которых хватает для развития более или менее роскошного растительного покрова, но недостаточно для быстрого и энергичного разложения органических остатков. В силу этого гумус накапливается в значительных количествах, но по преимуществу в виде мало подвижных соединений (гуминовая кислота). Минерализующаяся часть органической массы дает достаточное количество углекислоты, благодаря чему образуются при выветривании углесоли. Получающаяся углекислая известь не выносится глубоко, за недостатком растворителя, и при обилии извести в материнской породе образует под гумусовым горизонтом сплошной карбонатный горизонт, что можно наблюдать, между прочим, на черноземах горного плато у оз. Гокчи, где чернозем формируется на базальтовых лавах. Наряду с углесолями щелочных земель накапливается нередко в нижних горизонтах и гипс. Остальные, более растворимые, соли по большей части вынесены из горизонтов выветривания, но их нередко можно найти в грунтовых водах. Характер распада алюмосиликатов в гумусовых горизонтах не выяснен; в нижних, безгумусовых, по-видимому, идет образование глин, а следовательно, наблюдаются и промежуточные кислые алюмосиликаты (в смысле замещения металла основания водородом).

Сюда принадлежат *черноземы, регур и черноземовидные почвы* западин сухой степи (полупустыни).

IV. Почвы недостаточного увлажнения. Из этой группы нам наиболее знакомы почвы сухих степей, на условиях образования которых мы и остановимся. Растительность здесь, вследствие недостатка влаги, далеко не развивается так роскошно, как в черноземной степи, почему почвы накаплиют

меньше гумуса. Получающиеся при выветривании соли находятся еще ближе к поверхности, чем у черноземов. Наряду с углекислой известью и гипсом может идти образование соды, которая, по наблюдению Hilgard (1893, 1896), образуется в нижних горизонтах почвы, где достаточно свободной углекислоты. Поднятие растворов последней соли к поверхности заставляет ее реагировать с веществами гумуса и давать сиропообразные растворы гуминовокислых щелочей. Растворы этих последних, поднимаясь к поверхности, реагируют на силикаты почвы, становясь после такой реакции еще более вязкими, почему и не доходят до поверхности. Выделяясь из растворов или освобождая часть растворенных в них соединений, или, наконец, вступая в реакцию с углекислой известью, эти сложные гуминовокислые производные образуют цементирующие вещества, которые склеивают частицы на некотором расстоянии от поверхности. Благодаря такому процессу образуется плотный водоупорный горизонт и таким путем создаются условия временного застоя влаги в поверхностных слоях. В силу этого в последних успешнее идет окисление органических веществ и образуются более легкоподвижные кислоты гумуса (креновая и, может быть, апокреновая). Под влиянием развивающихся кислот идет слабо выраженное кислотное выветривание поверхностного горизонта, яснее заметное на границе с уплотненным горизонтом почвы. Выщелачиваемые вещества отчасти вступают в реакцию со сложными соединениями цемента, что еще более увеличивает уплотнение цементируемого слоя. Постепенно усыхая в течение летнего периода, поверхностный горизонт разбивается на ряд горизонтальных слоев. В результате почва получает слоисто-столбчатое строение. Таким образом, в почвах описываемой группы имеются как бы две лежащие одна над другой зоны выветривания: верхняя кислотная и нижняя — гуминовощелочная. Процессы распада алюмосиликатов в этой группе почвы пока совершенно не изучены.

К данной группе мы относим *бурые, серые и белые слоисто-столбчатые почвы* Нижнего Поволжья, Крыма, Средней Азии, полупустынь Закавказья, Испании, западных штатов Северной Америки и др. Красноцветные почвы той же группы, приуроченные к субтропическим полупустыням (Австралия, Южная Америка) и полупустыням влажных зимую областей Средиземноморского побережья Европы (Испания), изучены менее, но, судя по данным, добытым нами в окрестностях Саламанки и по некоторым образцам Австралии, имеют много общего в строении с описанными почвами саратовской и астраханской полупустынь.

В ту же группу включаются *пустынные корки* (гипсовая, известковая и защитная), известные в северной Африке, Аравии, Северной Америке, отчасти в Закавказье (окрестности Еревана). Их морфология и условия генезиса изучены еще меньше.

На границе между почвами пустынь и черноземами стоят *каштановые почвы*.

V. Почвы избыточного увлажнения образуются при значительных количествах влаги, пересыщающей верхние горизонты пород. При таких условиях разложение органических остатков задерживается; вместе с мало окисленными соединениями гумуса получают обугленные, полуистлевшие органические остатки. Более окисленные соединения вымываются из поверхностных горизонтов и создают условия кислотного выветривания в несколько более глубоких горизонтах. Наряду с кислотным выветриванием, что сближает некоторые разности этих почв с подзолистыми, идут в более глубоких горизонтах раскислительные процессы, благодаря которым могут образоваться сернистые соединения (марказит—Palla, 1887), вивианит, сидерит. Так как почвенные воды не имеют оттока, то они накапливают в себе растворимые соли, которые в сухое время года поднимаются к поверхности и здесь кристаллизуются.

К этой группе относятся, во-первых, все разности *болотных* и *полуболотных* почв (почвы сырых лугов), в том числе и *горнолуговые* почвы Богословского, и во-вторых, *неструктурные солонцы*\* черноземной и полупустынной степей.

Вероятно, к этой же группе придется отнести и недостаточно исследованные пока *торфянистые* почвы *сухой тундры* и *горных вершин*. Последние наблюдались нами с одинаковой морфологией на вершине Цхра-Цкаро и на вершине Али-Бек.

VI. Почвы временно-избыточного увлажнения, или почвы нижнего, грунтового увлажнения, известны как среди черноземной, так и среди полупустынной степи. Это так называемые столбчатые солонцы. Их строение имеет общие черты с отмеченными выше почвами недостаточного увлажнения с той лишь разницей, что столбчатый горизонт выражен здесь резче и определеннее. Исследование саратовских почвоведов показывает, что в черноземной полосе столбчатые солонцы чаще всего приурочиваются «к сравнительно широким, плоским предовражным падинам и котловинам с незначительным стоком» (Димо, 1902). Мне пришлось наблюдать в летний период эти солонцы и убедиться в том, что в стенках верховья оврага, входящего в солонцовую долину, на небольшом расстоянии от поверхности сочится вода и что солевой горизонт в таких местах значительно поднят к поверхности.

Едва ли можно сомневаться в том, что и в черноземной степи, как и в полупустынной, существуют условия для образования в нижних горизонтах почвы соды. Однако в черноземных почвах сода не оказывает влияния на процесс почвообразования, так как здесь не хватает влаги для того, чтобы сода могла подняться по капиллярам в гумусовые горизонты почвы. В области залегания столбчатых солонцов этой влаги, как мы видели, достаточно и растворы соды могут проникать в гумусовые горизон-

\* Солончаки. — *Прим. ред.*

ты почвы. Совершенно очевидно, и раньше мы уже указывали, что в поверхностных горизонтах соды нет и быть не может, ибо там она неминуемо вступит в реакцию с веществами гумуса. В такую же реакцию вступает она и при поднятии ее растворов по капиллярам почвы, так что в результате действующим реактивом является не сода, как полагает проф. П. С. Коссович (1903), а сложный комплекс растворимых гуминовокислых соединений и выпадающие из такого раствора соединения. Поэтому становится весьма вероятным, что далеко не всегда можно разыскать среди столбчатых солонцов не только соду, но и гуминовокислые щелочи, иногда же эти соли, особенно последние, явственно констатируются. Как и в полупустынных почвах, образование поверхностного слоеватого горизонта происходит лишь после того, когда столбчатый горизонт сформировался, так как этим создаются условия для временного застоя влаги на границе с уплотненным слоем. Поэтому и пограничные части горизонта А с горизонтом В являются наиболее оподзоленными.

Столбчатые солонцы полупустыни, в случаях нахождения широких и относительно глубоких котловин, приурочиваются к окраинам котловины (Димо, 1903; Гордеев, 1903), но отсюда не следует, как полагает Г. М. Тумин (1904), что они менее увлажняются, чем зональные почвы полупустыни. При наполнении котловины наилучшие условия капиллярного поднятия влаги к поверхности должны существовать именно по краям котловины, тогда как в более глубоких ее частях идет заметное промывание поверхностных горизонтов сверху.

К солонцам черноземной степи очень близко примыкают *солонцеватые* почвы, которые, по словам саратовских почвоведов, представляют как бы связующее звено между солонцами и подзолами\*. Н. И. Прохоров (1906) называет эти почвы *солонцевато-подзолистыми*. Мы полагаем, что эти почвы, как и *подзоловидные* почвы сухих степей, того же генезиса, что и столбчатые солонцы. Их оподзоливание есть явление вторичное, и оно зашло дальше, чем в солонцах, лишь потому, что поверхностные горизонты здесь сильнее увлажняются в весенние и частью осенние периоды, чем соответственные горизонты солонцов.

Очевидно, что эти солонцевые и подзоловидные почвы не могут быть отнесены в одну группу с подзолами севера; на это указывает, между прочим, и глубокое различие в строении этих двух почвенных групп. Присутствие ниже подзолистых горизонтов темноцветных вязких масс резко обособляет от северных подзолов подзоловидные почвы степей и сухих степей, подчеркивая, что северные подзолы представляют лишь один тип кислотного выветривания, тогда как в подзоловидных почвах мы имеем два горизонта с различными типами выветривания.

---

\* Солодами, как они стали называться позднее, после работ К. К. Гедройца. — *Прим. ред.*

## О ДРЕВНИХ ПРОЦЕССАХ ВЫВЕТРИВАНИЯ В ПРИАМУРЬЕ \*

Заканчивая характеристику фауны Амурской области, Г. Е. Грум-Гржимайло (1894) пишет следующие строки: «Обзор остальных групп животного царства не входит в нашу программу, частью потому, что некоторые из них изучены еще очень мало (Reptilia, почти все Arthropoda, Vermes), частью же потому, что значение их для края пока еще вовсе не выяснилось; последнее замечание относится, разумеется, ближе всего к насекомым. Поэтому все, что мы можем сказать о всех этих фаунах, это: что общий характер их вполне согласуется с тем, что мы уже видели на Амуре, в этой своеобразной стране, где виноградная лоза обвивает ель, где ореховое и пробковое дерево растут рядом с березой или сосной, где соболь и тигр занимают одни и те же местности, где зачастую сохатый и северный олени встречаются с пятнистым оленем (Cerv. Dybowskii), а белая полярная сова уступает место японскому ибису».

Мы подчеркнули последнюю фразу, так как она отмечает ряд характерных явлений во флоре и фауне Приамурья, среди которых, как видно, имеются представители, совершенно не соответствующие современным климатическим условиям, так как годовая температура тех мест, где встречаются виноград и тигр, колеблется приблизительно между  $+1$  и  $+3^{\circ}$ .

Указанные факты лишний раз свидетельствуют в пользу того, что делать заключение о климате страны, как по отношению к современному периоду, так и по отношению к древним геологическим периодам, базируясь на характере флоры и фауны, не всегда возможно.

Значительно надежнее будут заключения, основанные на изучении коры выветривания, так как *типы выветривания* строго связываются с более или менее определенными в климатическом отношении областями земного шара.

Что же говорит нам кора выветривания Приамурья?

Изучение самых поверхностных ее горизонтов показывает, что процессы выветривания протекают здесь в настоящее время в общем по тому же типу, как и во всей лесной зоне Европейской

\* Опубликовано в журн. «Почвоведение», 1911, № 13.

и Азиатской России. Среди современных почвенных образований мы наблюдаем лишь *подзолистый* и *болотный* типы с их разновидностями и переходами (Глинка, 1910).

Но всегда ли так было в Приамурье? Нет ли каких-либо данных в пользу иных климатических условий недавнего, в геологическом смысле, прошлого дальневосточных окраин?

Ожидать здесь сохранения в более или менее нетронутом виде древних продуктов выветривания вполне возможно, так как ледник, покрывавший Европейскую Россию, Западную и частью Восточную Сибирь, не захватил, как известно, территории Приамурья; следовательно, древние продукты выветривания не должны быть прикрыты наносами ледника; они могли быть лишь отчасти уничтожены работой поверхностных вод, занесены местами наносами водного происхождения, а местами деформированы под влиянием новых, современных процессов выветривания.

Внимательно рассматривая почвенные коллекции, собранные Д. В. Ивановым и отчасти Н. Е. Ефремовым в Приморской области, я убедился в том, что древние продукты выветривания здесь действительно сохранились, причем в одних случаях они сильно деформированы современными процессами, в других же современные процессы захватили и изменили лишь поверхностные горизонты оставшихся на месте более древних продуктов выветривания, тогда как более глубокие, лежащие обычно непосредственно на вулканических породах, остались без изменения.

На красноцветные продукты выветривания Приморской области впервые, кажется, обратил внимание Д. В. Иванов (1910), который в своем предварительном отчете пишет следующее: «Кроме перечисленных пород, в строении отдельных складок Сихотэ-Алиня принимают участие *новейшие элювиальные*, делювиальные и аллювиальные образования. Особенно характерна легкая охристая элювиальная глина, обыкновенно встречаемая в области распространения распадающегося в щебень гранита. Заслуживает также внимания выветривание основных пород и их туфов в виде красно-бурой, легкой, железистой глины».

К сожалению, в коллекции, собранной Д. В. Ивановым, не сохранилось образцов выветривания гранита, и все наши исследования относятся ко второй категории продуктов выветривания (основных пород).

Уже знакомство с морфологией только что указанных продуктов приводит к заключению, что мы имеем здесь дело с краснотемами *латеритного* типа. Древние продукты выветривания сохраняют прежде всего целиком структуру производшей их материнской породы; даже крупные поры и пустоты, содержащиеся в некоторых разностях вулканических пород (пузыристые лавы), остаются в том же виде и в продукте выветривания, который всегда отличается пористостью и легкостью. Не остается никакого сомнения в том, что мы имеем здесь дело с продуктами выветривания, сохранившимися на месте их образования.

Непосредственный переход древней почвы в почву современную *подзолистого* типа указывает, что относительная древность первой невелика; надо думать, что древние почвы образовались в третичном периоде.

Картины, наблюдаемые в разрезе, несколько варьируют в зависимости от степени развития современного процесса почвообразования.

В одних случаях подзолистая почва захватывает лишь самые поверхностные горизонты общей коры выветривания и тогда подстилающая их масса окрашена в достаточно яркий красный цвет, чапоминающий цветовой оттенок красноземов Чаквы. В других случаях древний продукт выветривания в такой степени изменен процессом подзолообразования, что рассмотрение поверхности разреза не дает возможности заподозрить присутствие красноземной почвы. Только разламывая отдельные куски из разреза, можно убедиться, что они покрыты подзолистой почвой лишь снаружи, а внутри масса их хотя и обесцвечена несколько, причем часть красных гидратов окиси железа (типа турьита) превращена в бурые гидраты (тип лимонита), однако ее морфология ясно свидетельствует, что в этой внутренней массе мы имеем совершенно иной тип выветривания.

Обычно более глубокие горизонты древнего продукта выветривания не отличаются также яркими цветами, имеют даже иногда белесоватый оттенок. Происходит это благодаря тому, что значительная часть железа здесь сконцентрирована в зернах магнетита, которого в нижних частях древнего продукта выветривания больше, чем в материнской породе. В более высоких горизонтах древней почвы магнетит уже превращен в гидраты окиси железа.

Наряду с магнетитом древние почвы содержат и некоторое количество первичных минералов (авгит, оливин), присутствие которых легко констатировать благодаря их высокому уд. весу. Если отмутить в воде глины и гидраты полуторных окислов, что совершается довольно легко, то на дне стакана остаются черный порошок магнетита и сероватые зернышки упомянутых первичных минералов, которые не могут быть отделены от магнетита в бромформе и падают сейчас же на дно делительной воронки вместе с магнетитом. Исследование этих зерен под микроскопом показывает, что они совершенно свежи, т. е. не затронуты процессом выветривания.

Предварительное микроскопическое исследование основных пород, из которых развиваются красноземы, было произведено проф. Зайцевым, который сообщает следующие данные:

«№ 197. Оливиново-базальтовая лава. Выделение оливина, лимонитизированного отчасти или вполне. По-видимому, он вполне лимонитизированным входит и в состав основной массы, состоящей из лейст плаггиоклаза и авгита. Основная масса богата окислами железа».

«№ 75. Оливиново-базальтовая лава. В состав входят выделе-

ния оливина с каймой лимонита, местами всецело лимонитизированного, и основная масса, состоящая из лейст плагиоклаза, буроватого авгита, по-видимому, оливина (лимонитизированного), ильменита и магнетита; кроме того, есть стекло с черными зернышками».

Из приведенных данных видно, что основные породы из того района, где взяты для анализов древние продукты выветривания, более или менее однотипичны. Эти данные хорошо согласуются и с нашими наблюдениями над продуктами выветривания и лишней раз подтверждают тот факт, что продукты выветривания взяты *in situ*.

Обратимся теперь к рассмотрению аналитических данных.

В разрезе № 75 анализировались: материнская порода, нижние горизонты древней почвы, верхние ее горизонты и подзолистый (A<sub>2</sub>) горизонт современной почвы. Сравним сначала состав (в %) материнской породы (I) с составом нижних горизонтов древней почвы (II):

	I	II		I	II
Гигроскопическая вода	2,88	10,39	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,21	0,11
Потери при прокаливании	2,41	11,87	CaO	6,22	0,60
			MgO	1,08	0,76
SiO <sub>2</sub>	52,40	36,34	K <sub>2</sub> O	0,77	0,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,27	25,71	Na <sub>2</sub> O	2,88	0,64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,45	17,80			
FeO	3,07	4,74	Сумма	99,70	99,05

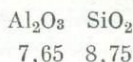
Продукт выветривания, как видно, очень богат и гигроскопически и химически связанной водой, что характерно для таких продуктов глубокого распада, каковыми являются красноземы. Перечислив полученные цифры на безводную массу, получаем (в %):

	I	II		I	II
SiO <sub>2</sub>	53,72	41,61	CaO	6,37	0,68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,80	29,43	MgO	1,10	0,87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,68	20,38	K <sub>2</sub> O	0,78	0,54
FeO	3,14	5,42	Na <sub>2</sub> O	2,95	0,73
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,21	0,12			

Из приведенных цифр совершенно ясно, что продукт выветривания по сравнению с материнской породой беднеет основаниями и кремнеземом, обогащаясь в то же время полуторными окислами. Иначе говоря, тип латеритного выветривания выражен совершенно определенно.

Большая часть глинозема связана в продукте выветривания с кремнеземом в виде глин и частью в виде нетронутых или несколько измененных выветриванием силикатов материнской породы (первичных). Об этом мы судим по тому отношению гли-

позема к кремнезему, которое обнаружено в 10%-ной вытяжке КОН при получасовом кипячении. Здесь получилось (в %):



Частичное отношение  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2=1:1,83$ .

Так как, однако, в состав глин этого краснозема входит анаксит, продукт выветривания авгита, у которого отношение  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2 < 1/2$ , то можно думать, что некоторое количество гидратов глинозема и здесь имеется.

Верхние горизонты того же краснозема имеют несколько иной состав благодаря тому, что в них отсутствует магнетит. Отсутствует же последний не только потому, что он здесь окисляется, но, по-видимому, и потому, что с течением времени магнетит, как минерал тяжелый, вымывается механически в более глубокие горизонты выветривания.

Ниже сопоставлены анализы нижних горизонтов краснозема (I), верхних его горизонтов (II) и оподзоленного горизонта (III), представляющего часть современной почвы (данные в %):

	I	II	III		I	II	III
Гигроскопическая вода	10,39	11,25	6,09	FeO	4,74	—	—
Потери при прокаливании	11,87	11,24	7,15	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,11	0,20	0,07
SiO <sub>2</sub>	36,34	44,46	61,50	CaO	0,60	0,90	0,98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,71	28,57	19,61	MgO	0,76	0,31	9,16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,80	12,79	6,79	K <sub>2</sub> O	0,48	0,56	2,04
				Na <sub>2</sub> O	0,64	0,59	1,06
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,15	0,08	0,09
				Сумма	99,20	99,70	99,45

Чтобы яснее была картина, перечислим анализы на безводную массу и вычтем из состава первого столбца магнетит, приняв, что вся закись железа принадлежит последнему. Правда, при таком перечислении мы делаем, может быть, небольшую ошибку, так как часть FeO может входить в состав первичных силикатов, но ошибка эта едва ли превысит 1%. После перечисления получаем следующие цифры, расположенные в том же порядке:

	I	II	III		I	II	III
SiO <sub>2</sub>	50,53	50,26	66,33	CaO	0,82	1,01	1,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,73	32,29	21,24	MgO	1,05	0,35	0,17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,12	14,45	7,35	K <sub>2</sub> O	0,65	0,63	2,21
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,14	0,22	0,07	Na <sub>2</sub> O	0,88	0,66	1,14

При перечислении становится ясным, что между отдельными горизонтами древней почвы резких различий в составе не наблюдается, но зато состав современной почвы резко расходится с составом древнего краснозема и расходится так, как этого следовало ожидать для подзолистой почвы. Количество кремнезема

очень сильно возрастает, а количество полуторных окислов не менее значительно понижается.

Не вполне ясным представляется на первый взгляд обогащение подзолистого горизонта щелочами по сравнению с древней почвой. Однако вопрос становится яснее, если мы примем, что при подзолообразовании уносятся преимущественно гидраты и разлагаются глины, а остатки первичных минералов, наоборот, процентно возрастают. Кроме того, калий может быть связан и с веществами гумуса. За справедливость первого предположения говорит резкое падение гигроскопичности и потери при прокаливании, наблюдаемое в оподзоленной почве.

Аналогичную картину дают анализы (в %) и другого разреза (№ 76), где масса древнего продукта выветривания покрыта как бы коркой оподзоленной почвы (I — материнская порода, II — внутренняя масса кусков — краснозем, III — наружная подзолистая корка — современная почва):

	I	II	III		I	II	III
Гигроскопическая вода	2,75	8,03	2,90	FeO	2,89	3,49	—
Потери при прокаливании	2,24	12,67	6,82	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,31	0,20	—
SiO <sub>2</sub>	52,68	38,53	65,89	CaO	6,31	0,24	1,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,09	28,10	16,05	MgO	1,22	0,18	0,42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,25	16,50	6,30	K <sub>2</sub> O	0,87	0,18	1,94
				Na <sub>2</sub> O	2,88	0,14	1,39
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,17	0,07	0,10
				Сумма	99,86	100,30	100,21

Для большей ясности картины сделаем перечисление на безводную массу (в %) и, кроме того, отнимем магнетит от краснозема. Тогда получаем (I — материнская порода, II — краснозем с магнетитом, III — краснозем без магнетита, IV — подзолистая почва):

	I	II	III	IV
SiO <sub>2</sub>	53,91	43,96	50,44	70,55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,60	32,06	36,79	17,18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,47	19,94	11,54	6,74
FeO	2,96	3,98	—	—
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,31	0,22	0,25	—
CaO	6,47	0,27	0,32	1,39
MgO	1,25	0,20	0,24	0,44
K <sub>2</sub> O	0,89	0,20	0,24	2,07
Na <sub>2</sub> O	2,95	0,08	0,09	1,48

Как видно, наблюдаются те же закономерные отношения, что и в предыдущем случае, причем процесс подзолообразования выражен в данном образце более резко, что совпадает и с морфологическими признаками.

Накопление щелочей в подзолистой почве, получившейся из краснозема, очевидно, не случайность, а вполне закономерное явление. Поэтому было бы интересно проверить это положение в других случаях превращений краснозема в подзолистые почвы.

Для характеристики древних продуктов выветривания красноземного типа в Приамурье приведем еще некоторые аналитические данные. Ниже помещаются анализы материнской породы и ее древнего продукта выветривания (в %) из коллекции Н. Е. Ефремова. Образцы относятся к той же области Приамурья, как и предыдущие, но более точно место их выемки мне неизвестно (I — материнская порода, II — древний продукт выветривания).

	I	II		I	II
Гигроскопическая вода	0,60	9,20	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,11	0,02
Потери при прокаливании	0,63	9,84	CaO	7,40	0,70
SiO <sub>2</sub>	49,04	40,61	MgO	3,13	1,98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,85	24,46	K <sub>2</sub> O	3,03	0,78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,52	16,57	Na <sub>2</sub> O	2,17	0,41
FeO	2,99	4,68	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,39	0,24
			Сумма	100,26	100,29

При перечислении на безводную массу получаем (в %):

	I		II	
SiO <sub>2</sub>	49,04	44,84	CaO	7,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,85	27,01	MgO	3,13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,52	18,30	K <sub>2</sub> O	3,03
FeO	2,99	5,16	Na <sub>2</sub> O	2,17
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,41	0,02		0,26

Мы не делаем в данном случае перечислений на массу, не содержащую магнетита, так как если в продукте выветривания вся закись железа принадлежит последнему минералу, то утверждать то же самое для материнской породы едва ли возможно.

Наконец, мы располагаем данными неполного анализа еще одного продукта выветривания латеритного типа из коллекции Н. Е. Ефремова. Приводимые ниже цифры (в %) вполне согласуются со всеми выше рассмотренными данными:

Гигроскопическая вода	9,94	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (+FeO)	23,09
Потери при прокаливании	10,03	CaO	1,00
SiO <sub>2</sub>	40,02	MgO	0,92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,62		

Из этого же образца была сделана вытяжка 10%-ной КОН причем в растворе перешло (в %):

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
3,74	4,66

Частичные отношения  $Al_2O_3$  к  $SiO_2=1:1,3$ , следовательно, присутствие гидратов окиси алюминия несомненно.

Таким образом, можно считать доказанным, что на территории Приморской и, по-видимому, южной части Амурской областей существуют многочисленные остатки древних, надо полагать, третичных продуктов выветривания латеритного типа.

Было бы чрезвычайно интересно собрать большее число фактов в этом направлении, так как можно надеяться, что не только основные породы этих областей, но и целый ряд других пород, как вулканических, так и древнеосадочных, сохранил местами хотя бы часть своей древней, третичной коры выветривания. Такое изучение доставило бы, с одной стороны, новые данные для изучения химической стороны латеритного (красноземного) типа выветривания, а с другой — дало бы, вероятно, геологам и биологам возможность сделать ряд интересных сопоставлений.

Возможно, что и отсутствие в Амурской области следов ледникового периода находится в связи с особенностями эволюции местного климата на протяжении третичного и начала четвертичного периодов. Вполне вероятно и то, что современные представители флоры и фауны являются в части своей реликтами древних климатических условий и современная биология представляет результат борьбы древнего мира с новым, более легко приспособляющимся к современным условиям.

Заканчивая статью, не могу не отметить, что всюду, где мне приходилось наблюдать красноземы, есть основание полагать, что они являются древними и именно третичными почвами. Таковы, по-видимому, красноземы Чаквы, которые кое-где также, хотя и много слабее, чем в Приморской области, деградируют ныне в почвы подзолистого типа. Таковы найденные мною в окрестностях Биксада (Bikszád) красноземы, которые сильно размыты и также деградируют, особенно во вторичном залегании, в типичные подзолы.

Такого рода факты заставят, быть может, еще раз пересмотреть вопрос о так называемых terra rossa Leiningen (1911) южной Европы, красноземах южной Венгрии, Италии, частью Испании. Возможно, что и в этих местах найдутся древние почвы, которые местами уже изменены современными процессами, а местами сохраняют тип, унаследованный от третичного периода.

## К ВОПРОСУ О РАЗЛИЧИИ ПОДЗОЛИСТОГО И БОЛОТНОГО ТИПОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ \*

Подзолистому типу выветривания посвящена огромная литература, начиная от работ Sprengel (1837) и Emeis (1876) и кончая работами К. К. Гедройца (1908) и Münst (1910), и, тем не менее, не все еще ясно в этой области.

Аналитический материал для подзолов имеется довольно большой и достаточно согласно констатирующий, что тип выветривания заключается в выносе из элювиальных горизонтов оснований и полуторных окислов, обогащении таковых же кремнеземом и накоплении среди иллювиальных (или ортштейновых) горизонтов полуторных окислов и окислов марганца, притом в формах более легкорастворимых, чем в материнских породах, и еще более, чем в элювиальных горизонтах.

В этом отношении чрезвычайно интересны анализы ортштейнов, приводимые в работе Münst (1910), и особенно те анализы, которые относятся к ортштейнам подзолов, образовавшихся из гранита. В двух анализированных почвах растворимость  $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$  в соляной кислоте изменяется следующим образом (в %):

		Подзол	Ортштейн	Материнская порода
I	$Al_2O_3$	1,663	9,471	5,921
	$Fe_2O_3$	1,803	5,510	3,830
II	$Al_2O_3$	0,682	9,883	5,552
	$Fe_2O_3$	0,542	1,761	2,164

Что касается накопления кремнезема в элювиальных горизонтах, то еще в 1876 г. Münst (1910) по поводу исследований северогерманских верещатников высказался в том смысле, что земная поверхность в течение продолжительных периодов испытывает постепенное окремнение.

Кажется, можно не сомневаться, что полуторные окислы и основания выносятся не механически, т. е. не в виде тонких суспензий алюмо- и феррисиликатов, первичных минералов мате-

\* Опубликовано в журн. «Почвоведение», 1911, № 2.

ринской породы, ибо такому предположению противоречат как наблюдения в природе, так и аналитические данные. Во-первых, удавалось наблюдать ортштейновые конкреции, которые отлагаются вокруг корней растительности. Такие конкреции имеют вид полых цилиндров и все признаки образований, выделившихся из растворов или псевдорастворов. Во-вторых, повышенная растворимость глинозема и окиси железа в ортштейнах указывает на то, что полуторные окислы не заключены здесь в тонких суспензиях первичных алюмо- и феррисиликатов, а содержатся в виде других, уже вторичных соединений, связанных с веществами гумуса. Следовательно, раньше, чем окислы железа и глинозема передвинулись в ортштейновый горизонт, они должны были отщепиться от силикатов и алюмосиликатов, так как трудно представить себе накопление столь большого количества полуторных окислов только из зольных элементов органических остатков.

Как происходит это отщепление, мы в точности не знаем; мы предполагаем лишь, что оно совершается с помощью кислот гумуса типа так называемой креновой кислоты, но так ли это на самом деле, строго не доказано. Определенно известно, что подзолистые почвы характеризуются кислотным характером водных вытяжек, причем кислотность эта проявляется и после кипячения, следовательно не принадлежит углекислоте. С другой стороны, известно, что белесый цвет подзолистых почв в значительной степени зависит от присутствия светлых веществ гумуса и начинает изменяться в темный уже при слабом накаливании. На это мною было указано еще в 1891 г., а позже было подтверждено Г. М. Туминым (1909). Наконец, результат подзолистого выветривания представляется таким, каким он должен бы был быть, если бы на почву действовала какая-либо кислота.

Совокупность всех этих данных и приводила к заключению, что подзолистый тип выветривания совершается с помощью креновой кислоты, что это есть кислотный тип разложения горных пород.

Не могу еще раз не отметить, что в последнее время наряду с увлечением коллоидами наблюдается увлечение и в отрицании кислотных свойств гумуса, что, по моему мнению, не представляется пока достаточно обоснованным.

Хотя исследований с химической стороны подзолов и ортштейнов имеется достаточное количество, однако полных анализов подзолистых почв, произшедших непосредственно из кристаллических пород, найдется не так уж много. Поэтому мы позволим себе привести два более или менее полных анализа подзолистых почв Якутской области, образовавшихся из гранита и из диорита.

Из разреза подзолистой почвы на граните анализировались: куски гранитной породы (I), мелкоземистая часть той массы, среди которой залежали куски гранита; эта мелкоземистая масса является в то же время горизонтом В подзолистой почвы (II), мелкоземистые массы горизонтов  $A_2$  (III) и  $A_1$  (IV) подзолистой

почвы. Ниже приведены результаты анализа (в %):

	I	II	III	IV
Гигроскопическая вода при 105° С	0,98	4,10	1,69	3,06
Потери при прокаливании	1,21	6,00	5,02	12,78
SiO <sub>2</sub>	74,87	63,60	74,01	66,86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,82	17,10	13,78	13,38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,92	4,50	1,95	1,71
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,04	0,08	0,04	0,04
CaO	0,63	0,69	0,92	1,38
MgO	0,40	0,45	0,13	0,14
K <sub>2</sub> O	3,96	4,12	2,28	2,36
Na <sub>2</sub> O	2,62	3,46	1,75	1,56
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,05	0,01	0,05
Сумма	99,50	100,05	99,89	100,26

Перечислив приведенные анализы на минеральную массу, получаем ряд цифр, разъясняющий нам процесс превращения гранитной породы в подзолистую почву. Следует отметить прежде всего, что мелкозем II представляет главным образом продукт механического выветривания гранита, при котором полевые шпаты благодаря хорошо выраженной спайности легче рассыпаются в мелкоземистую массу, чем кварц. Поэтому мы и наблюдаем в II увеличение количества оснований и полуторных окислов и понижение количества кремнезема. К сказанному надо добавить, что II является в то же время горизонтом В, т. е. иллювиальным горизонтом подзолистой почвы, чем и объясняется относительно резко обогащение его окисью железа и химической водой.

Как подзолистый процесс изменяет этот мелкозем гранитной породы, видно из сравнения анализов II с III и IV, элювиальными горизонтами подзолистой почвы (в % на минеральное вещество):

	I	II	III	IV
SiO <sub>2</sub>	76,17	67,65	78,01	76,42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,06	18,19	14,52	15,29
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,95	4,78	2,05	1,98
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,04	0,08	0,04	0,04
CaO	0,64	0,73	0,97	1,57
MgO	0,40	0,47	0,13	0,16
K <sub>2</sub> O	4,03	4,38	2,40	2,69
Na <sub>2</sub> O	2,66	3,68	1,84	1,78

Количество кремнезема в этих последних резко повышается, а количество оснований и полуторных окислов падает. Повышается, правда, содержание извести, но это нередко наблюдается в почвах, богатых гумусом, с которым известь в данном случае связывается.

Еще более наглядный пример того же типа выветривания представляет подзолистая почва на диорите. Так как материнская порода в данном случае не содержит кварца, то и в ее мелкоземке не наблюдается той разницы состава от крупных кусков породы, которая была нами отмечена в предыдущем случае. Разрез подзолистой почвы на диорите имеет такой вид: горизонт А<sub>1</sub> представляет полуторфянистую массу, очень богатую органическим веществом; потеря при прокаливании достигает здесь 29,45%, остальное же не анализировалось; горизонт А<sub>2</sub> имеет белесый цвет, характерный для подзолистой почвы; горизонт В представляет желтовато-буроватую мелкоземистую массу, в которой находятся неразложившиеся еще куски породы; горизонт С — диорит.

Помещаемые ниже аналитические данные (в %) относятся к горизонту А<sub>2</sub> (I), мелкоземистой массе горизонта В (II) и кускам диорита из того же горизонта (III).

	I	II	III		I	II	III
Гигроскопическая вода при 105° С	2,58	3,48	0,89	FeO	—	1,85	6,38
Потери при прокаливании	4,19	4,74	3,37	CaO	1,62	2,08	5,65
SiO <sub>2</sub>	69,55	62,22	54,74	Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Сл.	0,31	0,43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,96	17,93	21,28	MgO	0,91	1,27	1,66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,08	4,58	2,46	K <sub>2</sub> O	2,15	2,04	0,74
				Na <sub>2</sub> O	2,57	2,81	2,75
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,08	0,31
				Сумма	99,10	99,91	99,77

Перечислив приведенные анализы на минеральную массу, получаем (в %):

	I	II	III	I	II	III
SiO <sub>2</sub>	73,28	65,38	56,78	CaO	1,70	2,18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,76	18,84	22,07	MgO	0,95	1,33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,24	4,81	2,55	K <sub>2</sub> O	2,26	2,14
FeO	—	1,94	6,61	Na <sub>2</sub> O	2,70	2,95
Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Сл.	0,32	0,44			2,85

Тип выветривания выражен совершенно определенно, хотя почва и не имеет сколько-нибудь заметных орштейновых образований: количество кремнезема в горизонте А возрастает на 16,5%, количество Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> уменьшается на 6,31%, а окислов железа — на 5,92%. Сумма оснований, не считая FeO, падает на 3,97%.

Иной, по-видимому, характер процесса получается при болотном типе выветривания, как это можно видеть из работ Stremme (1908), Nähnel (1908) и особенно Endell (1911). По данным последнего автора, базальт, выветривающийся под лугом (полуболотная почва) и современным болотом, дает глинистые массы, в которых замечается обогащение кремнеземом и глиноземом и обеднение железом и основаниями. Мы считаем только недоказанным утверждение автора, что избыток кремнезема в продукте

выветривания зависит от приноса последнего в золеобразном состоянии болотными водами, и полагаем, что обогащение кремнеземом происходит потому, что последний, как и глинозем, не выносятся при выветривании, в то время как окислы железа и особенно щелочноземельные и щелочные основания выщелачиваются в больших количествах.

Приводим цифровые данные [в %] автора, перечисленные на минеральное вещество (I — свежий базальт, II — желто-бурая глина на глубине 30 см от поверхности, под лугом, III — зеленоватая глина на глубине 1,25 м, под торфом):

	I	II	III		I	II	III
SiO <sub>2</sub>	46,06	63,66	71,76	CaO	12,54	2,93	3,35
TiO <sub>2</sub>	1,72	1,51	2,30	MgO	8,59	4,82	0,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,97	11,76	13,76	K <sub>2</sub> O	2,99	3,10	1,77
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,47	10,77	2,90	Na <sub>2</sub> O	6,76	2,46	1,41
FeO	8,23	1,84	2,23	SO <sub>3</sub>	0,57	0,43	0,25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,57	0,43	Сл.	Сумма	99,43	100,75	100,63

Исследуя кислотность диализированных болотных вод, автор приходит к заключению, что кислотность эта зависит исключительно от CO<sub>2</sub>.

Интересно, что аналогичные данные получаются и у нас для полуболотных почв Амурской области и Енисейской губы, где реакция водной вытяжки оказалась щелочной благодаря присутствию бикарбонатов. Правда, наши образцы прошли довольно длинный путь и могли изменить характер своей реакции, хотя следует все же отметить, что подзолистые почвы, прошедшие тот же путь, не утратили своей кислотной реакции.

В некоторых валовых анализах наших сибирских полуболотных почв получаются также результаты, более или менее аналогичные результатам Endell (1910), хотя и слабее выраженные.

Мы приведем аналитические данные (в %) для полуболотной почвы из долины р. Могочи Забайкальской области (экспедиция Сукачева; I — горизонт A<sub>1</sub>, II — A<sub>2</sub>, III — B, IV — материнская порода, суглинок):

	I	II	III	IV
Гигроскопическая вода при 100° С	6,18	4,43	2,31	2,28
Потери при прокаливании	18,65	10,32	3,69	3,04
SiO <sub>2</sub>	50,16	55,59	53,08	54,49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,46	17,33	20,89	19,89
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,39	6,94	10,58	10,54
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,15	0,07	0,11	0,15
CaO	2,62	3,34	4,98	5,73
MgO	1,29	2,05	1,65	2,07
K <sub>2</sub> O	1,72	1,63	1,32	1,34
Na <sub>2</sub> O	2,39	2,70	3,11	2,57
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,37	0,26	0,38	0,34
Сумма	100,20	100,23	99,79	100,16

Перечислив анализы на минеральную массу, получаем:

	I	II	III	IV		I	II	III	IV
SiO <sub>2</sub>	61,50	61,82	55,25	56,10	MgO	1,58	2,28	1,71	2,13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,17	19,27	21,73	20,47	K <sub>2</sub> O	2,10	1,81	1,47	1,38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,83	7,71	11,00	10,85	Na <sub>2</sub> O	2,92	3,00	3,23	2,64
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,18	0,07	0,11	0,15					
CaO	3,21	3,71	5,96	5,90					

Из приведенных данных ясно видно, что количество кремнезема в почве по сравнению с материнской породой повышено, количество глинозема остается тем же самым, количество железа и сумма оснований понижаются. Здесь дело несколько усложняется в связи с тем, что параллельно с указанной закономерностью наблюдается присутствие элювиального (II) и иллювиального (III) горизонтов в почвенном разрезе.

Окончательно базироваться на приведенных данных мы все же пока не считали бы возможным, ибо когда продукт выветривания развивается из наноса, да притом еще наноса водного происхождения, нет полной уверенности в совершенной тождественности состава отдельных горизонтов наноса, и потому при дальнейших работах в Сибири нам придется собрать материал по болотному выветриванию в таких местах, где болотная или полуболотная почвы формируются на твердых, коренных, особенно кристаллических породах и притом в условиях равнинного рельефа.

Ввиду чрезвычайно большого интереса, вызываемого сравнением подзолистого и болотного типов выветривания, я и счел возможным своей небольшой заметкой обратить внимание исследователей на этот вопрос.

В заключение мне хотелось бы отметить свое несогласие с терминологией д-ра Stremme (1908), который в одной из своих работ противопоставляет каолинообразование выветриванию. Первый процесс есть, по его представлению, процесс восстановительный, а второй — окислительный.

В настоящее время можно принять, что образование каолина и вообще глины может идти наряду и с восстановительными и с окислительными процессами. Первый случай наблюдается, например, при болотном типе выветривания, второй — при латеритном. В красноземах Чаквы (Закавказье) мною было доказано существование глин\*, которых там даже больше, чем гидратов глинозема (Глинка, 1906). Эти глины существуют наряду с богатым содержанием гидратов окиси железа. Для тропических латеритов также можно считать доказанным образование глин вместе с гидратами глинозема.

\* Т.е. каолиновых глин. — Прим. ред.

## ДЕГРАДАЦИЯ И ПОДЗОЛИСТЫЙ ПРОЦЕСС \*

Мысль о том, что черноземные почвы, заселенные лесной растительностью, деградируют под влиянием последней, превращаясь в почвы подзолистого типа, была высказана еще в 1886 г. акад. С. И. Коржинским, изучавшим северную границу степной зоны в восточных областях Европейской части СССР. До работ Коржинского так называемые лесные суглинки, установленные проф. В. В. Докучаевым (1883), считались самостоятельным, первичным почвенным образованием. Докучаев предполагал, что в степных областях одни пространства были ответчно заняты травянистой растительностью, а другие — лесом. Под травянистой растительностью развивались черноземные почвы, а под лесом — «лесные суглинки».

От последнего термина в настоящее время следует отказаться ввиду его неопределенности. С одной стороны, казалось бы, что всякий суглинок из-под леса может именоваться лесным суглинком, а следовательно, в эту категорию должны бы попасть все суглинистые подзолистые почвы. С другой стороны, существуют и лесные супеси, которые тоже необходимо куда-то пристроить.

Поэтому мы предпочитаем вместо термина «лесной суглинок» употреблять термин «деградированный суглинок», параллельно с которым существует, на разных основаниях, и «деградированная супесь».

Взгляды Коржинского по вопросу деградации черноземных почв были подтверждены проф. П. А. Костычевым (1883б, 1884) опытным путем. Костычев, промывая водой черноземную почву с 8,46% гумуса, достиг того, что через три года в этой почве осталось только 2,5% перегноя. Оказалось, таким образом, что, повышая увлажнение черноземной почвы, можно получить серую подзолистую почву.

Несмотря на все это, сущность процесса деградации оставалась невыясненной до последнего времени. Можно было только утверждать, что какую-то роль в процессе деградации играет повышенная влажность, появляющаяся в поверхностных горизонтах лесных почв, но какова роль этой влажности, было неясно.

\* Опубликовано в журн. «Почвоведение», 1924, № 3—4.

Раньше, чем высказать свои соображения по этому вопросу, я остановлюсь на тех наблюдениях, которые были мною произведены в пределах Воронежской губернии над деградацией супесчаных черноземных почв или черноземных супесей. Вся русская литература, посвященная характеристике деградированных почв, затрагивает обычно деградацию суглинистых черноземов, вопрос же о том, как происходит деградация супесчаных почв, оставляет открытым.

С деградацией черноземных супесей мне впервые пришлось познакомиться при изучении почвенного покрова части графского лесничества. Здесь мною были описаны три разреза.

В первом из них, около плодового питомника, наблюдался такой профиль:

Мощность, см

А <sub>1</sub> . Однородной окраски темно-серая, почти черная во влажном состоянии супесь . . . . .	47—50
А <sub>1</sub> . Ряд темных полос, разделенных светлыми промежутками	около 40
А <sub>2</sub> . Почти белый песок . . . . .	35
В <sub>1</sub> . Вязкая красно-бурая глина с коричневыми примазками и темными гумусовыми пятнами. В верхней части неправильные гнезда песку с гумусовыми оторочками . . . . .	30—35
В <sub>2</sub> . Горизонт скопления углеселей с журавчиками углекислой извести.	

Во второй яме, за плодовым питомником, наблюдалась почти та же картина, что и в первой яме, только здесь слой песка оказался несколько более мощным. Глина показывается на глубине 2 м от поверхности, и в ней до глубины 3,2 м вскипания не обнаружено.

Позже мною в том же районе была заложена еще одна яма, в которой над сплошным гумусовым горизонтом черноземной супеси, мощностью около 50 см, оказалось три довольно широких, гумусовых, полосы, еще достаточно темной окраски, разделенных: друг от друга светлой породой. Нижняя часть гумусовой толщи (полосатая) имеет «муаровую» поверхность.

Особенно богатый материал по изучению деградации супесчаных почв черноземного типа доставили окрестности Воронежского сельскохозяйственного института, а именно поля институтской фермы и поля соседнего с. Подгорного. Эта территория, расположенная на водоразделе Дон — Воронеж, насколько удалось выяснить детальными исследованиями, сложена мощной свитой флювиогляциальных отложений, состоящих из песков с прослойками и линзами глин, прикрытых на значительной площади бурой безвалунной глиной, местами очень постепенно переходящей книзу в песчаную толщу. Безвалунная глина, однако, не покрывает сплошь водораздел Дон — Воронеж; ближайšie к рекам, особенно к Дону, участки остались без глинистой покрывки,

и находящиеся здесь пески стали после спада ледниковых вод развеваться. Эоловые пески покрыли довольно значительную территорию, хотя и не сплошь: некоторые участки остались не прикрытыми навеванным песком. По завершении процесса развевания как песчаные, так и глинистые площади были захвачены травянистой растительностью, под покровом которой сформировались суглинистые и супесчаные черноземные почвы. Позже лес, продвигнувшийся со стороны речных долин на степные пространства, деградировал лесные черноземы в большей или меньшей степени. Когда пришел в описываемый район земледелец, он вырубил часть лесной площади, обратив ее под пашню, вследствие чего вновь началось развевание песков. Эти пески засыпали местами деградированные супесчаные почвы, а на свежих, успокоившихся песчаных наносах вновь появился лес, который успел кое-где образовать первичные подзолистые почвы небольшой мощности.

Глубокие разрезы, сделанные на территории земель с. Подгорного и фермы института моим покойным сыном Д. К. Глинка, обнаружили следующее строение современных и ископаемых почв:

I. В лесу у оврага (2-го) на пути из с. Подгорного в с. Ямное:

	Мощность, см
A <sub>1</sub> . Мелкий серовато-темный бесструктурный горизонт . . . . .	26
A <sub>2</sub> . Белесовато-серый, супесчаный . . . . .	13
A (ископаемой почвы). Более темный и связный, распадающийся в нижней части на отдельные пятна, потеки . . . . .	38
B — С. Бурый вязкий суглинок . . . . .	75
C. Желтый песок.	

II. На территории бывшего леса на пути от Подгорного к Задонскому шоссе, небольшой холмик:

	Мощность, см
A <sub>1</sub> . Серый бесструктурный, супесчаный . . . . .	23
A <sub>2</sub> . Белесый, но не сплошь, а пятнами, причем сверху пятна крупные, а глубже мелкие. Явственно белее на глубину 27 см, далее пятнист. . . . .	42 (общая)
A <sub>1</sub> (ископаемой почвы). Темный, почти черный, довольно влажный и связный (суглиносупесь, к низу пятнами и полосами с более светлыми промежутками) . . . . .	до 100 (общая)
B. Буро-желтый, супесчаный . . . . .	100
B — С. Желтая, весьма связная глина, вскипающая на глубине 290 см от поверхности.	

III. На территории фермы института, под лесом:

	Мощность, см
A <sub>0</sub> . Лесная подстилка преимущественно из дубовых листьев	1—2
A <sub>1</sub> . Темный, супесчаный, влажный, по высыхании сереет	8

А <sub>2</sub> . Более светлый, оподзоленный . . . . .	8—9
А <sub>1</sub> (ископаемой почвы). Темный, сплошной окраски до глубины 32 см от конца А <sub>2</sub> .	
А <sub>1</sub> —А <sub>2</sub> . Чередование гумусовых полосок и белого песка . . . . .	68
В. Желтый суглинок с бурыми пятнами.	

#### IV. В том же районе, почти у границы леса:

	Мощность, см
А <sub>1</sub> . Темно-серая супесь . . . . .	17
А <sub>2</sub> . Светло-серый подзолистый горизонт . . . . .	18
А <sub>1</sub> (ископаемой почвы). Черно-серая супесь . . . . .	28
А <sub>1</sub> — А <sub>2</sub> . Гумусовые прослойки, чередующиеся со светло-серым песком.	

Кроме описанных разрезов, имеется и еще ряд аналогичных профилей. Сопоставляя их, нетрудно прийти к заключению, что при начальных фазах деградации черноземных супесей нижняя часть гумусового горизонта последних расслаивается на небольшое количество (две—три) широких гумусовых полос, иначе говоря, гумус нижних горизонтов почвы становится более подвижным и начинает постепенно вымываться в глубину. Припомним, что и прежние наблюдения над деградацией суглинистых черноземов говорили о том, что просветление почвы на первых стадиях деградации наблюдается в нижних частях гумусового горизонта, но не вполне ясно было, почему именно здесь получается такое осветление.

Из описания разрезов, произведенных на территории фермы института, ясно, что в дальнейшем деградация черноземных супесей проявляется в том, что толстые гумусовые полосы разбиваются на ряд более тонких полосок, которые вымываются все глубже и глубже. Получается зёбровидная поверхность нижней части гумусового горизонта, имеющая значительную мощность. В дальнейшем значительная часть бывшего сплошного гумусового горизонта превращается в систему тонких, несколько извилистых, иногда пересекающихся в отдельных участках гумусовых полосок. Еще позже гумусовые полосы, вымываясь глубже, начинают терять свою гумусовую окраску и приобретают буроватый, железистый оттенок; получаются в конечном итоге так называемые псевдофибры Г. Н. Высоцкого.

Такие же наблюдения были произведены мною в окрестностях ст. Отрожка, близ Воронежа, в Хреновской лесной даче Бобровского уезда, по границе со степью и в Задонском уезде (окрестности с. Дубового).

Таким образом, изучение деградации супесчаных черноземов приводит к заключению, что сущность этого процесса состоит в том, что гумус почвы приобретает большую подвижность, вместе с чем начинается возрастание и подвижность тончайших минеральных суспензий почвы.

В песчаных почвах, где молекулярные и коллоидные растворы передвигаются вглубь более или менее равномерно во всех точках профиля, вымывание гумуса выражается в отслаивании более или менее параллельных друг другу полос; в почвах суглинистых это вымывание наблюдается в виде отдельных разрозненных гумусовых пятен на разных глубинах. Внимательно исследуя разрезы деградированных суглинков, можно прийти к заключению, что видимые следы гумуса в этих почвах наблюдаются в общем на больших глубинах, чем в соседнем черноземе. Они выражаются не только в форме темных пятен, но и в форме тех темно-бурых гляцевитых протеков, которые пронизывают горизонт В и на которые было обращено внимание еще Н. А. Богословским (1902). При осторожном прокаливании кусочков горизонта В с гляцевитыми бурыми налетами наблюдается потемнение (обугливание) этих последних. После сильного прокаливании поверхности с налетами получают более яркую красную окраску, чем соседние участки без таких налетов. Это указывает на то, что в бурых налетах, кроме веществ гумуса, присутствуют в несколько большем количестве, чем во всей остальной массе горизонта В, гидраты окиси железа.

Чем же объяснить усиление подвижности гумуса при явлениях деградации? Мне кажется, что ответ на этот вопрос имелся еще в опытах П. А. Костычева, хотя тогда на него не могло быть обращено внимание, так как учение о коллоидах развилось значительно позже.

Костычев обратил внимание на то обстоятельство, что в стаканах, которые подставлялись под сосуды с промываемым черноземом, через некоторое время появлялась беловатая муть, которая садилась затем на дно стаканов. Эта беловатая муть оказалась не чем иным, как углекислой известью. Так как взятая для опыта черноземная почва углекислой извести почти не содержала, то таковая могла появиться только путем отщепления извести от гумуса и отчасти, может быть, от силикатов и алюмосиликатов. Мы знаем из работы С. А. Захарова (1906) и из целого ряда позднейших аналитических данных, что среди оснований, переходящих в водную вытяжку из черноземных почв, на первом месте по количеству стоит известь. Опыты проф. К. К. Гедройца (1916) с замещением поглощенных черноземной почвой оснований с помощью различных хлористых солей указывают на то же.

Нет никакого сомнения в том, что гумус, потерявший значительное количество связанной им извести, приобретает большую дисперсность и поэтому способен легче переходить в золеобразное состояние. Такие соображения высказывает и А. Н. Соколовский (1919). О том же говорит Hissink (1922): «Нарушение коллоидно-химического равновесия в почве происходит существенным образом оттого, что благодаря вымыванию сначала  $\text{CaCO}_3$ , а затем (или, может быть, одновременно, при малых количествах  $\text{CaCO}_3$ ) и части абсолютно связанных оснований (в первую голову

известь и магнезия) почвенные гели переходят в суспензии, золи и настоящие растворы. В почвенных водах тогда появляются во взмученном состоянии частицы глины, золи окислов железа, возможно также золи глинозема и кремнезема и, может быть, настоящие гумусовые растворы и углесоль закиси железа. Все это вместе с почвенной водой опускается «в глубину».

Почти те же соображения были высказаны мною в докладе о деградации супесчаных черноземов, сделанном на Всероссийском съезде почвоведов в октябре 1921 г.

Hissink в своей работе останавливается затем и на выяснении причин, почему на некоторой глубине в почве все эти золи, суспензии и пр. выпадают. Причинами, по его мнению, могут служить более сухие горизонты, лишенные влаги с помощью корневой системы растений, встречаемые мутными почвенными водами на некоторой глубине, присутствие электролитов, а может быть, и тонко капиллярная структура более глубоких слоев.

По моему мнению, выпадение зелей и суспензий происходит там, где гравитационная (по А. Ф. Лебедеву) или капиллярная вода (*état capillaire* по René d'Andrimont) переходит в молекулярную (*état pelliculaire*).

Таким образом, процесс деградации есть нарушение коллоидного равновесия со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Как известно, процесс этот протекает вплоть до образования типичной подзолистой почвы, что удалось мне проследить на небольшом участке опытного поля Воронежского сельскохозяйственного института. Этот участок представляет в общем довольно ровную площадь с несколькими то мелкими, то несколько более глубокими западинами. Западная часть этого участка покрыта *темными деградированными суглинками* такого профиля:

	Мощность, см
A <sub>1</sub> . Бесструктурный в верхней части, глубже яснозернистый, темно-серый . . . . .	32
A <sub>2</sub> . Ореховый, более светлого оттенка горизонт, чрезвычайно типично выраженный, с явственной «присыпкой» на поверхности орехов . . . . .	20
B <sub>1</sub> . Вязкий иллювиальный горизонт, почти весь покрашенный гумусом. Структура призматическая . . . . .	38
B <sub>2</sub> . Более желтого оттенка, бесструктурный . . . . .	33
B <sub>3</sub> . Карбонатный горизонт; вскипание с глубины 123 см.	
C. Бурая безвалунная глина.	

Типичным признаком этой стадии деградации является почти сплошное окрашивание гумусом горизонта B<sub>1</sub>. Этот признак впервые, кажется, был определенно установлен Н. П. Флоровым (1916).

В восточной половине опытного поля преобладают *светлые*

деградированные суглинки, имеющие следующий вид:

	Мощность, см
A <sub>1</sub> ' . Разрушен распашкой и распылен, а потому бесструктурный. Светло-серого цвета . . . . .	14
A <sub>1</sub> <sup>0</sup> . Зернистый, ясно оподзоленный . . . . .	15
A <sub>2</sub> . Ореховатый горизонт с ясно выраженной подзолистой при- сыпкой на орехах. В профиле видны ясные белесоватые пятна и пятнышки . . . . .	16
A <sub>2</sub> — В <sub>1</sub> . Переходный горизонт. Структура промежуточная между ореховатой и призматической . . . . .	7
В <sub>1</sub> . Плотный, коричнево-бурый, с ясными глянцеватыми поте- ками на гранях призматических отдельностей. Местами остатки по- луразрушенных кротовин. Остатки древесных корней, полуразло- женных . . . . .	52
В <sub>2</sub> . Желто-бурый, почти бесструктурный. Коричневатые потеки кое-где наблюдаются. Нередки ходы корней, заполненные материа- лом, окрашенным гумусом . . . . .	51
Вскипание с глубины 155 см, заметные выделения карбонатов со 157 см.	

По неглубоким котловинкам восточной половины опытного поля процесс деградации пошел еще дальше, и почва здесь при- обретает следующий вид:

	Мощность, см
A <sub>1</sub> . Светло-серый, бесструктурный, разрушенный . . . . .	12
A <sub>1</sub> '. Сильно оподзоленный, почти белый в сухом состоянии, ясно пластинчатого сложения . . . . .	13
A <sub>2</sub> '. Сильно оподзоленный, ореховатой структуры . . . . .	15
A <sub>2</sub> — В <sub>1</sub> . Переходный, крупноореховатой структуры, с белесыми пятнами . . . . .	8
В <sub>1</sub> . Коричнево-бурый, с необычайно большим количеством кор- ичных глянцевитых примазок, пронизывающих весь горизонт. Книзу эти коричневые примазки делаются реже, однако они замет- ны вплоть до горизонта вскипания, благодаря чему нелегко разгра- ничиваются горизонты В <sub>1</sub> и В <sub>2</sub> . В верхней части горизонта В <sub>1</sub> встре- чаются подзолистые пятна . . . . .	60
В <sub>2</sub> . Более желтого оттенка и менее структурный . . . . .	52
Вскипание с глубины 162 см.	

В более глубоких западинках той же восточной части зале- гают вполне обесструктуренные почвы, т. е. настоящие подзолы. Во влажном состоянии эти почвы кажутся сверху и даже во всей толще гумусового горизонта темными, почти серыми. При высы- хании почва становится светло-серой, почти белесой. До глубины 29 см масса рыхлая, бесструктурная, почти однородная. Правда, нижние части этого горизонта имеют слабо выраженную слоева-

тость. Следующий гумусовый горизонт ( $A_2$ ) несколько более связанный, хотя структуры в нем не наблюдается. Подстилающий гумусовую толщу бурый иллювиальный горизонт (В) хотя и имеет коричневые протeki, но они не так бросаются в глаза, как в предыдущих разрезах. Эти протeki как бы рассосались, распределились по толще более значительной мощности.

Общая мощность  $A + B = 155$  см, а глубже идут чередующиеся через каждые 15—20 см слои глинистого или рыхлого, сильно влажного песка со слоями глины. Вскипание на глубине 230 см. В верхних частях горизонта В резко выраженные подзолистые пятна.

Эти наблюдения позволяют утверждать, что и вообще подзолистый процесс есть не что иное, как вынос из поверхностных горизонтов золь гумуса, так как гумус здесь мало насыщен известью, а так как благодаря этому не коагулируются тончайшие суспензии, то и они вымываются. И действительно, в горизонте В мы обычно находим большое количество тончайших частиц, в том числе и гидратов окиси железа.

Что же такое так называемая *присыпка* или подзолистый белесый горизонт? С нашей точки зрения, присыпка — это тончайший кварцевый песок, оставшийся на поверхности глинистых комочков после отмывания с этих поверхностей тончайших глинистых и железистых частиц. Присыпка представляет, таким образом, как бы остаток от отмучивания.

Некогда считали присыпку той вторичной кремнекислотой, которая получается при разложении силикатов и алюмосиликатов так называемой креновой кислотой, которую находили в подзолистых почвах. Если бы это было так, то прежде всего следовало бы ожидать в подзолистых почвах заметное количество кремнекислоты, растворимой в едких и углекислых щелочах. Опыты показывают, однако, что растворимой кремнекислоты в подзолах не больше того, что можно получить, действуя теми же реактивами на тонко измельченный порошок кварца. Как показало исследование, произведенное Н. Н. Шенец (1915), частицы кварца размерами от 0,008 до 0,066 мм при кипячении с 10%-ным раствором соды отдают в раствор 1,852% кремнезема. Даже сравнительно грубые частицы, размером 0,26—0,4 мм, отдают в раствор 0,6858% кремнекислоты.

Помимо этого, если бы действительно весь кремнезем подзолистой присыпки или подзолистого горизонта представлял остаток от разложения алюмосиликатов, то мы должны были бы в горизонте В подзолистой или деградированной почвы найти значительное количество свободных гидратов глинозема, но таковых там не оказывается, что подтверждается, между прочим, исследованиями проф. В. В. Геммерлинга (1922). Если в орштейнах подзолистых почв, по данным того же исследователя, и находится иногда небольшое количество гидратов глинозема (не более 1—2%), то это ведь на всю массу почвы дает какие-то десятки

доли процента, а иногда, может быть, и меньше. Не следует при этом забывать, что глинозем может входить в состав золы растений, следовательно, и гумуса, а также может находиться и в глинистых материнских породах. Спрашивается, какая же часть этого глинозема может быть поставлена за счет кислотного разложения и какое имеется соответствие между какими-то десятиными долями процента гидратов глинозема, собранными из всей почвы в ортштейны, и десятками процентов кремнезема, находящегося в той же почве в свободном состоянии, в виде кварца? Необходимо, кроме того, отметить, что далеко не все подзолистые почвы дают кислую реакцию. У луговых подзолов, например амурских (Зейско-Буреинского водораздела), реакция определенно слабощелочная. Деградированные суглинки, согласно С. А. Захарову, дают очень слабую кислотность в самом поверхностном горизонте, в то время как подзолистый процесс выражен в этих почвах достаточно определенно.

Таким образом, резюмируя все сказанное до сих пор, мы видим причину деградации в том, что некоторое излишнее количество влаги, появляющееся в верхних горизонтах почвы под лесом, нарушает бывшее степное равновесие черноземной почвы, отщепляя от ее перегноя известь и делая таким образом перегной более подвижным, с чем связывается далее подвижность минеральных золь и суспензий.

Отсюда следует, что если в какой-либо точке степи появится лишняя влага, кроме той, которая приносится атмосферными осадками, то настоящий чернозем там уже не может существовать, хотя бы леса здесь и не было. И действительно, по микрорельефным западинкам среди мощного чернозема мы уже наблюдаем некоторое выщелачивание в форме так называемого *выщелоченного чернозема*, в более глубоких котловинках дело идет и дальше. Так, изучая почвенный покров Рамонской свеклосахарной опытной станции, расположенной в зоне мощного чернозема, я нашел в ясно оформленных котловинках довольно резко оподзоленные почвы с ясно оформленным подзолистым горизонтом  $A_2$  и с отчетливо выраженным иллювиальным горизонтом В.

Очевидно, такова же сущность и первичного подзолистого процесса, где в самом начале благодаря недосыщенности кальцием, в силу условий климата почти сразу устанавливается подвижность коллоидов и суспензий. Вопрос о генезисе ортштейна решен опытами Аagnio (1913), к выводам которого я целиком присоединяюсь. Истолкованный таким образом подзолистый процесс легко объясняет и различие химического состава горизонтов А и В подзолистых почв. Так как в тонких суспензиях, выносимых из горизонтов А, кварца почти нет, а глины и алюмосиликатов много, так же как и гидратов окиси железа, частью марганца, неоллювиальные горизонты беднеют полуторными окислами и поэтому обогащаются кремнеземом (кварцем), а иллювиальные обогащаются полуторными окислами и беднеют кремнеземом.

Вопрос о возможности образования в иллювиальных горизонтах вторичных новообразований мы оставляем пока в стороне.

Чтобы закончить с подзолистым процессом, остается еще рассмотреть вопрос о том, почему в подзолистых горизонтах появляется слоеватое сложение. Припомним при этом, что такое же сложение обнаруживается нередко и в горизонте  $A_2$  структурных солонцов. Что же общего между этими двумя типами почвообразования? Общее оказывается в том, что и в подзолистом, и в солонцовом процессе происходят нарушения равновесия коллоидных и суспензионных систем: в первом случае, как уже было отмечено, благодаря вымыванию извести, во втором — благодаря замещению извести натром. То и другое условие повышает дисперсность коллоидов, которые вместе с суспензиями, в первом случае медленно, а во втором скорее, уходят из поверхностных горизонтов. В этих горизонтах, где происходит таким образом наибольшее перераспределение составляющих их частиц, совершается процесс, аналогичный тому, который происходит в слое воды со взвешенным в ней минеральным материалом. Это перераспределение частиц и является, по моему мнению, той основной причиной, которая вызывает слоеватое сложение.

# ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

## ОЧЕРК ПОЧВ ЯКУТИИ \*

Знакомство с почвами Якутии начинается с 1910 г., когда под руководством В. Н. Сукачева организуется экспедиция в верхнюю часть р. Тунгира Олекминского округа. Эта экспедиция носит по преимуществу характер ботанико-географический, но при изучении болотных, луговых и лесных ассоциаций попутно выясняется и характер почвенного покрова (Сукачев, 1912 а, б).

Общий вывод, касающийся почв района, говорит о том, что изученная территория покрыта лишь почвами подзолистого и болотного типов, т. е. что картина местного почвенного покрова здесь та же, какая вообще свойственна большей части подзолистой зоны Сибири и Дальнего Востока.

Для заболоченных участков исследователь отмечает или торф (преимущественно сфагновые болота), или супесь, окрашенную гумусом в шоколадный и темно-коричневый цвета, причем горизонты не дифференцированы (ерники — *Betulo-fruticeta* различных видов). Для одного из видов ерника (*Betulo-fruticetum Middendorffianum*) имеется более детальная характеристика разреза, указывающая на болотный характер почвы. Разрез, который мы обозначаем буквами несколько иначе, чем это было сделано исследователем, имеет такой вид:

	Мощность, см
A <sub>0</sub> . Мертвый покров . . . . .	2
A <sub>0</sub> — A <sub>1</sub> . Черный торфянистый горизонт . . . . .	7
G <sub>1</sub> . Верхняя часть глеевого горизонта, начинающаяся охристой полоской в 1—2 см, под которой лежит пестрая масса, где охристые пятна чередуются с сизыми оглеенными пятнами.	
G <sub>2</sub> . Темно-окрашенная полоса . . . . .	2—5
G <sub>3</sub> . То же, что G <sub>1</sub> , за исключением охристой полоски.	
Масса горизонта уже на глубине 35—50 см имеет характер пльвуна. Мерзлота на глубине 134 см.	

\* Опубликовано в сб. «Якутия». Л., Изд-во АН СССР, 1927.

Под бугристыми вейниково-пушицевыми участками чаще всего отмечаются почвы, которые должны быть отнесены к группе подзолисто-глеевых. На поверхности бугров наблюдаются иногда голые пятна вылившейся и засохшей почвенной глинистой массы, сверху образующей плотную корку, под которой замечается сильная пористость. Под бугром мерзлота обычно лежит ниже, чем между буграми.

В. Н. Сукачев подробно останавливается на вопросе о причинах образования бугров, но мы, за недостатком места, эту тему затрагивать не будем, отсылая интересующегося читателя к работе исследователя.

Для различных типов лиственничных насаждений (*Larix dahurica*) отмечаются в большинстве случаев слабоподзолистые или подзолистые почвы, реже — подзолисто-глеевые и лишь для некоторых типов (например, *Laricetum sphagnosum*) — болотные.

Примером подзолистых почв может служить следующий разрез:

	Мощность, см
A <sub>1</sub> . Черный перегорелый гумусовый горизонт . . . . .	3—4
A <sub>2</sub> . Оподзоленная супесь светло-серого цвета . . . . .	5—6
B <sub>1</sub> . Желтовато-коричневый, довольно грубый суглинок с пятнами орштейнового характера . . . . .	15
C. Более светлый по окраске, но такой же по механическому составу суглинок.	

Для характеристики слабоподзолистых почв отметим нижеследующий разрез:

	Мощность, см
A <sub>1</sub> . Черный гумусовый горизонт . . . . .	3
A <sub>2</sub> — B <sub>1</sub> . Коричневый, со слегка заметными следами оподзоливания . . . . .	6
C. Желто-бурый легкий суглинок с крупным щебнем.	

Для почвы торфяно-подзолисто-глеевой приводим такой профиль:

	Мощность, см
A <sub>0</sub> . Торфяной горизонт из остатков травяной растительности и ветвей лиственницы . . . . .	6
A <sub>0</sub> — A <sub>1</sub> . Гумусовый горизонт, черный, слегка торфянистый	13
A <sub>1</sub> . Шоколадного цвета гумусовый горизонт . . . . .	6
C. Пятнистый супесчаный горизонт: пятна охристые и сизоватые (глеевые). Почва сильно влажная. Мерзлота на 30 см.	

На гольцах — слабоподзолистые хрящеватые почвы или неразвитые скелетные почвы.

Сосновые насаждения в районе представлены значительно слабее лиственничных; под сосной наблюдаются чаще всего слабо-подзолистые и подзолистые почвы.

В 1912 г. б. Переселенческое управление направляет в тогдашнюю Якутскую область четыре экспедиции для изучения местных почв: одну — в долину р. Лены близ Якутска (Доленко), другую — в пределы Ленско-Вилуйской равнины (Аболин), третью — в район Якутск — Усть-Мая (Никифоров) и четвертую — в район Нелькан (Якутской области) и Аян (Камчатской области) с почвоведом Соколовым. Все названные экспедиции, равно как и последующие, находились в заведывании пишущего эти строки.

В 1914 г. экспедициям Переселенческого управления удается обследовать правые притоки р. Вилуя (Никифоров) и части Лено-Вилуйского водораздела по линии Олекминск — Сунтар (Доленко).

Исследования 1912—1914 гг. доставили чрезвычайно интересный материал, но, к сожалению, довести до конца начатые работы не удалось из-за вспыхнувшей войны, и некоторые материалы остались необработанными, а другие неопубликованными. Подробный отчет Д. И. Аболина (с дополнениями автора) опубликован в трудах Комиссии АН по изучению ЯАССР (1929, т. X). Не опубликована сводная работа о солончаках (частью солонцах) Якутии, принадлежащая Никифорову и находящаяся на руках у автора данного очерка. Не имея точных сведений о том, жив или нет исследователь, мы используем здесь некоторые данные из его статьи.

Обратимся к характеристике отдельных районов Якутии и остановимся прежде всего на долине р. Лены близ Якутска. Лена на значительной части своего протяжения течет в высоких крутых берегах и только в 80 верстах вверх от Якутска (от с. Покровского) на левом берегу и несколько выше — на правом долина реки расширяется от 5 до 10—20, а местами и более километров.

Исследования Г. И. Доленко (1913) охватили преимущественно левый берег (от Кангаласского мыса до Турьина взвоза) с тремя заездами на водораздел, на 10—15 км к западу; детальнее исследовалась часть долины между Кангалассом и Итык-Хаей, затем проведен профиль через всю долину вблизи города и заложены две пробные площадки в типичных для I и II террас местах. На правой стороне пройден маршрут от Восточно-Кангаласской управы до Соттинской церкви (около 60 км) с поднятием на водораздел.

Аллювиальные наносы р. Лены довольно разнообразны по механическому составу. Нередко на поверхность выходят пески, но чаще они прикрыты или слоем тонкого глинистого песка, или суглинком толщиной в 60—90 см на I террасе и меньшей — на II.

Заливные пойменные пространства могут быть тройкого рода: 1) самая молодая пойма с равнинной поверхностью, заливающаяся еще при современных разливах и не успевшая развить почвы. Нанос, состоящий из чередующихся слоев глины и белого песка, слабо вскипает с кислотой в глинистых прослойках; 2) пойма с тем же рельефом, но без заметного приноса минерального ила и более дренированная. Здесь наблюдаются уже зачатки карбонатного горизонта; 3) пойма, сильно изрезанная протоками, с явно дифференцированным рельефом. Здесь появляется в зачатке еще карбонатный солончак, покрытый *Festuca* и *Koeleria*; ковылей и лишайников здесь еще нет. По краям западинок, заполненных водой и окруженных кочкарниками с осокой, располагается полоска лугового солончака, покрытого *Atropis*; углесоли здесь или на поверхности, особенно по плешинкам, или на небольшой глубине в подгумусовом горизонте. Выше солончака помещается пойменный луг с тальником.

На I террасе, имеющей ширину от  $\frac{1}{2}$  до 1 км, наблюдаются параллельные ряды возвышенных гряд (релок), носящих местное название «кырдалов»; они тянутся иногда непрерывно на большом протяжении. По низинкам между грядами помещаются безлесные лужки, заболоченные почвы и кочкарник с присами. По склонам располагаются солончаки с солевыми выцветами на плешинах; эти выцветы собираются в густо расположенные мелкие бугорки белого или серовато-белого цвета, отчего вся поверхность кажется поздраватой. Выше полосы солончаков по склону идет прерывистая линия тальника с отдельными березками. На вершинах релок густой покров ковыля, иногда с примесью *Festuca* и *Koeleria*.

На солончаках вблизи уступа ко II террасе наблюдаются кустики солянок.

На II террасе имеются удлиненные западинки, приблизительно параллельные реке; это остатки русел мелких протоков и рукавов. Повышения между западинками представляются или в форме узких гряд, или имеют довольно широкие вершины. В последнем случае на них появляется сосна или лиственница с небольшой примесью березы. Почвы здесь иногда значительно оподзолены, и серовато-белесый горизонт ( $A_2$ ) лежит в этом случае непосредственно под лесной подстилкой. Углесоли начинаются с глубины 25 см, если почва не грубо песчаная; в последнем случае углесолей нет вовсе. С глубины 50—60 см наблюдаются ржавые пятна с неясными контурами. Подстилающая порода всегда крупный песок, в котором мерзлота в конце лета держится на глубине 140—150 см. Узкие релки со степной флорой несут карбонатные солончаки, вскипающие с глубины 20—40 см. Их гумусовый горизонт уплотнен и бесструктурен, окрашен в каштановый или буроватый цвет. Карбонатный горизонт сплошной; количество карбонатов в глубину убывает. В светло-буроватой массе встречаются мелкие конкреции (1 мм в диаметре), иногда в

большом количестве. На глубине 70—90 см сухой, сильнослудистый песок. Мерзлота к концу лета на глубине двух с небольшим метров.

«На поверхности карбонатного солончака в беспорядке разбросаны округлой формы плешины с диаметром в 40—70 см. По периферии их помещаются несколько кустиков приземистой *Atropis* и за ними узкое кольцо низкой неветвящейся *Artemisia*. Голое пятно имеет слабую трещиноватость, иногда отсутствующую, и серовато-белесый цвет. Кремнеземистая корочка с крупными сферической формы порами, очень тонка — 10,5 мм и даже меньше, резко сменяется горизонтом, рассыпающимся на совершенно обособленные, ребристые, с гляцевитыми гранями отдельности. На 6—8 см бурное вскипание и обильное отложение солей, видимых на глаз». Это так называемый корковый солонец.

Здесь же встречаются и типичные столбчатые солонцы со слоистым горизонтом А до 10—12 см мощностью и головчато-столбчатым В<sub>1</sub>, мощность которого не более 10 см. Корковый солонец встречается только на вершинах релки, а столбчатый и на пологих склонах.

Под лесом наблюдается деградация карбонатных солончаков, выражающаяся в посветлении гумусового горизонта, в появлении мощных гумусовых потеков, идущих до глубины 80 см, и в понижении вскипания. Иногда деградация приводит к образованию мощного белесого горизонта, располагающегося непосредственно под подстилкой; этот горизонт крупнолистоват. Но в то же время более глубокие горизонты (от 20 до 80 см) окрашены гумусом в темный цвет.

Морфология деградированной почвы говорит скорее о том, что процесс протекал здесь не в кислой среде, а в щелочной, т. е. совершался не процесс подзолообразования, а иной, не совсем удачно именуемый «осолодением». К сожалению, с химической стороны эти почвы не были изучены. Вскипание у них констатируется с глубины 25 см.

На крутых подъемах релок развиваются слоисто-глыбистые солонцы.

«На пологих склонах растительность располагается полосками в такой последовательности: за опушкой таволги идет ярко-зеленая лужайка с преобладанием лапчатки, выше — серо-зеленая полоска с *Artemisia*, потом серая *Atropis*, сменяющаяся ярко разноцветным ковром солянок, и, наконец, тянется темная или интенсивно черная в сырую погоду плешина, за которой опять идут ленты с *Atropis* и *Artemisia*, а дальше карбонатные солончаки с сухолюбивыми злаками, *Stalice* и лишаями. Темная плешь, называемая у якутов «тураном», представляет собою приближение к корковому солонцу».

Заканчивая с характеристикой Приленского района, отметим, что описанный почвенный покров наблюдался исследователем

около гор. Якутска, почти от Мархи и до пристани у уступа к реке и до Владимировки, у коренного берега. К северу от Мархи уменьшается количество безлесной площади, а за Итык-Хаей лесистость возрастает еще больше, и степные релки становятся редкостью. Количество солонцов к северу падает, у Хатырыцкого станка остаются одни солончаки, которые дальше, по-видимому, также исчезают.

Р. И. Аболиным (1913) в 1912 г. был пройден маршрут от Якутска до Тюгюняхской с петлей к югу от Тюттянской вдоль Ыгас-Ыябит и Кемкемя к Якутску и заездами к Магаку и между Чукольской и озером Тарган.

«Если посмотреть на исследованный край с высоты птичьего полета, — пишет исследователь, — то наблюдатель увидел бы растилающийся под ним темно-зеленый ковер преобладающей по площади лесной растительности. Как яркие звезды на темно-голубом небе, здесь на темно-зеленом фоне леса ярко выделялись бы многочисленные крупные и мелкие озера и серебристые ленты крупных и мелких рек. Почти все озера, как равно и берега рек и ручьев, сопровождаются широкими лентами или поясами богатейших пестрых лугов, нередко обширными полями, так называемыми «аласами», простирающимися в глубь страны далеко в сторону от озер или рек и занимающими весьма значительные пространства на водораздельных равнинах. Если бы пришлось определить процентное соотношение лесных и луговых пространств, то в разных частях района оно оказалось бы различным, но в общем колебалось бы в таких пределах, что на долю леса приходилось бы 60—90%, а на долю лугов — 10—40% всей площади, покрытой растительностью. Вопреки общераспространенному предубеждению о сильной болотистости района, болот здесь чрезвычайно мало».

Со стороны устройства поверхности исследователь характеризует район как весьма слабоволнистую равнину, лишенную широких речных долин с выработанными террасами. Местные речки имеют узкие русла, глубоко врезавшиеся в поверхность. Кроме них существуют «иногда весьма длинные, но слабо вдавленные, корытообразные ложбины, по которым весенние воды текут широко разлившимся потоком. Эти ложбины безлесны и покрыты пышным травяным покровом». В окраинных частях (к Лене и Вилюю) плоскогорье имеет более расчлененный характер, но не теряет равнинности.

Несмотря на бедность района атмосферными осадками, можно все же констатировать смыв тонких частиц с более повышенных пунктов в ложбины, котловины и нижние части длинных пологих склонов. В таких пониженных частях грунт обычно значительно более глинист, чем на повышенных и водораздельных частях, где этот грунт сильно песчанист. В пониженных частях рельефа при рытье ямы наблюдается увеличение песчанистости грунта в глубину, тогда как на участках повышенных наиболее песчанисты

поверхностные горизонты, изобилующие иногда галькой, которой также особенно много на поверхности.

Вершины грибок и выпуклых водоразделов обладают, ввиду хорошей водопроницаемости материнских пород и глубокого залегания мерзлоты, благоприятными условиями для развития подзолообразовательного процесса. Здесь нередко встречаются крайние стадии оподзоленности — песчаные подзолы. При увеличении глинистости грунта подзолообразование ослабляется, и на смену ему возникает процесс заболачивания. В случаях средних величин увлажнения под лесом развиваются подзолистые почвы с неглубоким залеганием карбонатов. Если вместо леса развивается травянистый покров, под которым поверхностные горизонты промываются слабее, то появляются темноцветные черноземовидные почвы с характером карбонатных солончаков.

Леса исследованного района состоят или из лиственницы (*Larix dahurica*), или из сосны. Лиственный лес дает здесь несколько ассоциаций: на песках, обильно увлажняемых, с горизонтом мерзлоты не глубже 1 м, на почвах подзолистых, но с некоторыми признаками заболачивания, встречается тип *Laricetum ledosum*, на более сухих песках — *Laricetum arctostaphylosum*. В первом типе корни лиственницы ввиду близости грунтовых вод (иногда 20—30 см) не идут глубоко, а потому этот тип насаждения страдает от ветровалов. Почвы под ассоциацией *Laricetum arctostaphylosum* сильно оподзолены, и мерзлота в них наблюдается на глубине 1,5—2 м. Сосновые боры имеют обстановку, ничем почти не отличающуюся от обстановки *Laricetum arctostaphylosum*. На почвах более богатых, суглинистых, встречается особый вид (тип) лиственничного леса *Laricetum vaccinosum*. Почва под таким лесом имеет следующее строение:

	Мощность, см
А <sub>0</sub> . Мертвый покров из полусгнившей хвои . . . . .	2
А <sub>0</sub> — А <sub>1</sub> . Черно-бурый с мелкими древесными угольками . . . . .	5—6
А <sub>2</sub> . Пепельно-серый, суглинистый, мелкочешуйчатый . . . . .	20—30
В <sub>1</sub> . Темно-желтовато-серый с обширными темно-бурыми полями ортштейнового характера и довольно крупными гумусовыми мазками . . . . .	10—15
В <sub>2</sub> . Тонкопористый, крупночешуйчатый, средний суглинок серого цвета, бурно вскипающий от HCl. Содержит много гнезд мелкозернистого песка, местами охристого цвета . . . . .	40—45
С. Пятнами слабо вскипающий, мелкокомковатый суглинок серого цвета, содержащий небольшие гнезда и неправильные прожилки песка. Вскипание начинается с 38—40 см, наиболее бурное на 60 см, а потом слабеет. Мерзлота на глубине 1 м.	

Возможно, что гумусовые мазки горизонта В<sub>1</sub> стоят в связи с карбонатностью материнской породы, которая раньше захватывала и более высокие горизонты.

Луговые пространства Аболин делит на две категории: луга заливные и суходольные. К заливным он относит не только пойменные, но и луга по дну аласов или корытообразных лощин. Среди заливных лугов намечаются два типа: 1) вейникового (*Salimagrostis*) кочкарника и 2) иловато-болотные. Вейниковый кочкарник располагается по самым низким и сырым местам (талые веги аласов, низкие места речных пойм). Почвы здесь имеют такое строение:

	Мощность, см
А <sub>0</sub> . Полуторфянистая настилка гниющих прошлогодних остатков стеблей . . . . .	2—3
А <sub>0</sub> — А <sub>1</sub> . Темно-бурого цвета, иловато-торфянистый, крепко сплетенный корнями в виде дерна . . . . .	10—15
А <sub>1</sub> . Темно-серый, иловатый, состоящий наполовину из мелкого иловатого песка, наполовину из иловатых, потерявших структуру, остатков растений . . . . .	35—40
С (G ?). Мелкозернистый иловатый песок. Вода начинает показываться уже на глубине 5—10 см, а когда яма доходит до мерзлоты (последняя на глубине 110 см), то она быстро заливается водой.	

Исследователь не отмечает здесь оглеенности, почему мы и ставим G?

На повышенных местах среди кочковатых лугов встречаются почвы также иловато-болотные, но нередко сильно вскипающие уже с поверхности и принимающие характер солончаковатых.

Среди суходольных лугов Аболин различает четыре типа: 1) сырой луг, 2) влажный луг, 3) сухой луг и 4) солончаковатый луг. Почвы отчасти лугово-болотные, отчасти, по-видимому, лугово-подзолисто-глеевые. Во всяком случае в двух последних типах признаки заболачивания почти не выражены морфологически.

На сырых лугах преобладает *Carex caespitosa*, к которой в случае большого увлажнения примешивается *Eriophorum vaginatum*; в почвах этих лугов глеевый горизонт выделяется резко. Уровень грунтовой воды на глубине 70—80 см, мерзлота — на 125 см.

На влажных лугах, кроме осок, встречаются злаки и лютиковые; мотыльковых мало. В почвах торфянистых горизонтов нет, гумусовый горизонт мощный, оглеенность наблюдается в форме слегка сизовато-серых участков. Гумусовые пятна, полоски и ленты иногда углисто-черного цвета, идут довольно глубоко, образуя в нижних частях профиля сложные и затейливые рисунки. Мерзлота не глубже 140 см.

На двух последних типах лугов преобладают мелкие злаки и осоки; из злаков особенно распространены *Festuca ovina* s.l. (сухой луг) и *Carex stenophylla* (солончаковатый луг). Почвы здесь имеют гумусовый горизонт от 20 до 50 см, довольно рыхлый.

При высыхании они растрескиваются в горизонтальном и вертикальном направлениях. В нижних частях гумусового горизонта и под ним наблюдаются дробовидные конкреции ортштейнового типа, что указывает на подвижность гумуса и железа в этих почвах. В более глубоких горизонтах наблюдаются ржаво-коричневые пятнышки гидратов окиси железа, а глубже — черно-бурые крапинки марганцевых соединений. В почвах солончаковых лугов, по трещинам и на обнаженных стенках, при их высыхании появляются белые корки солей. Резкое вскипание на глубине 70—80 см.

Среди солончаковых лугов встречаются пятна солонцов, занимающие очень невысокие выпуклости микрорельефа. Строение этих солонцов таково:

	Мощность, см
A <sub>1</sub> . Черно-бурого цвета, бесструктурный, в сухом состоянии растирающийся в тонкую, легкую пыль . . . . .	10
A <sub>1</sub> . Матово-черный, мелкокрупитчатый, рассыпчатый . . . . .	10—12
A <sub>2</sub> . Суглинистый, пепельно-серого цвета, очень сильно обесцвеченный, тонкочешуйчатого сложения . . . . .	10—12
V <sub>1</sub> . Светло-бурый, на поверхности излома черно-бурый, блестящий, очень плотный, распадающийся при разламывании на остро-гранные блестящие комочки . . . . .	7—8
V <sub>1</sub> — V <sub>2</sub> . Суглинистый, чешуйчатого сложения, темно-бурого цвета; слабо вскипает . . . . .	10
V <sub>2</sub> . Палевого, почти белого цвета, бурно вскипаящий, чешуйчатый . . . . .	35—40
V <sub>2</sub> . Иловато-суглинистый, серого цвета, вскипаящий пятнами	30—50
Глубже идет желтоватый песок. Мерзлота на глубине 200 см.	

Присутствие горизонта A<sub>2</sub> на описанном разрезе указывает на наступившую деградацию солонца (выщелачивание).

На сухих и солончаковых лугах, особенно на последних, встречаются, кроме того, и пятна солончаков, покрытых солянами. Они располагаются по бокам небольших, едва различаемых глазом западин. У этих солончаков поверхностный горизонт мощностью в 10—15 см, черно-бурого цвета, бесструктурный, очень плотный и липкий. При высыхании трескается и покрывается белым налетом. Много белых карбонатных пятен, иногда сливающихся в сплошной горизонт. Мерзлота на глубине 190 см. Среди растительности много *Atropis sp.*, *Suaeda maritima*.

В замкнутых котловинах, ниже пояса таких солончаков, залегает пояс луговых солончаков, за ними пояс кочкарника с *Carax acuta*, а в центре или тот же кочкарник, или лужа (маленькое озерко), усыхающая летом.

Аболин полагает, что площади луговых пространств постепенно возрастают благодаря палам, уничтожающим, между прочим, и лесную растительность. Среди исследованных им пространств

он считает наиболее благоприятным по почвам и растительности район к западу от ст. Бадаранахской, по р. Тостай. Таковы же аласы к западу от ст. Чукульской, аласы верховьев рек Чакал и Чприк, окрестности ст. Багалахской и Тянтяхской, урочище Эрен-кель и верхнее течение р. Ыгас-Ыябыт.

Никифоров в 1912 г. пересек водоразделы Лены — Амга и Амга — Алдан из Якутска по направлению бывшего тракта на Усть-Майю, на протяжении около 400 верст. В общем пройденный район характеризуется теми же чертами рельефа, что и предыдущий: водоразделы относительно равнинны, мало расчленены денудацией и очень богаты замкнутыми углублениями, озерами различных размеров, начиная от нескольких верст и кончая несколькими саженьями. Вода в озерах часто солоноватая или соленая, иногда тухлая, так что зачастую не может употребляться в пищу не только людьми, но и скотом. Реки глубоко врезаны в плато, имеют иногда широкие долины с обширными луговыми пространствами. Наименее расчленены западные приленские части района. Наиболее заметна Амга-Алданская водораздельная гряда, склоны которой «довольно интенсивно размыты глубокими и сравнительно тесными лощинами и распадками верховьев». За исключением долин и распадков в верховьях, частей склонов, обращенных на юг, озерных береговых откосов, наконец, луговых понизий, вся остальная поверхность занята тайгой.

Среди материнских пород особенно распространены средние суглинки, обыкновенно имеющие плитчатое или мелколистоватое сложение. Супесчаные разности и пески встречаются реже; последние в виде полосы в 15—20 верст шириной тянутся по коренному берегу Лены, а на остальной территории района встречаются отдельными широкими, но редкими пятнами.

Тайга представлена сосной на песчаных отложениях, а в остальных случаях лиственницей и частью березой.

Подзолистые почвы под тайгой прежде всего различаются мощностью подзолистого горизонта ( $A_2$ ), которая колеблется в широких пределах (от 1—2 до 57 см); наиболее часто встречаются мощности 5—8 см. Сильнооподзоленные площади попадают лишь отдельными участками по более плоским местам. Примером местных подзолов может служить следующий разрез:

Мощность, см

$A_0 - A_1$ . Почти черный, чрезвычайно легкий, бесструктурный, со значительной примесью угля в виде кусочков или порошка, много полуразложившихся кусочков коры, веточек и пр. Места отсутствуют и замещен скоплением угля, золы и хвои . . . . . 1—2

$A_2$ . Светло-серого цвета, в сухом состоянии почти белый. Сложение листоватое, листочки черепитчато-изогнутые. Встречаются орштейновые конкреции, в изломе черно-бурого, иногда рыжеватого цвета. Резко отделяется от следующего горизонта . . . . . до 37

$B_1$ . Красновато-бурый, очень тяжелый и плотный, сильнее окра-

шен в нижних частях, карманами глубоко вдающийся в следующий горизонт . . . . .	12—14
В <sub>2</sub> . Светлый карбонатный горизонт . . . . .	10—14
С. Желтовато-серый суглинок плитчатого сложения, пористый. Вскипание до мерзлоты, 73 см (17.VIII).	

Красноватый оттенок горизонта В<sub>1</sub> указывает на то, что гидрат окиси железа отлагался когда-то в карбонатной среде.

Песчанистые подзолы в верховьях р. Крестях имеют такое строение:

	Мощность, см
А <sub>0</sub> — А <sub>1</sub> . Буровато-черный — смесь пылевато-землистого легкого материала, полуистлевшей подстилки и угля . . . . .	2—3
А <sub>2</sub> . Почти белого цвета, тонкий, бесструктурный песок . . . . .	до 12
В <sub>1</sub> . Ярко-желтый, бесструктурный, рассычатый песок . . . . .	до 25
В <sub>1</sub> . Буровато-рыжий, иногда ржавый, грубый песок. Встречаются включения выветрившегося песчаника . . . . .	26—30
С. Сизовато-желтый грубый песок с более крупными и многочисленными обломками песчаника. Мерзлота на глубине 160 см.	

Под листовными насаждениями наблюдается более темный, во влажном состоянии почти черный гумусовый горизонт мощностью в 16—20 см. В более глубоких горизонтах этих почв наблюдаются следы раскислительных процессов в виде сизоватых и зеленоватых пятен (оглеение). Подзолистость морфологически выражена слабо и редко. Глубокие горизонты вообще имеют очень пеструю картину чередования более темных и более светлых полосок, жилков, завитков, пятен и пр. Потечи и жилки, идущие вначале в вертикальном или близком к нему направлении, над мерзлотой ложатся в виде многочисленных горизонтальных прослоек.

Таковы же почвы влажных и временно сырых лугов, почвы под ерниками и березовыми рощами в речных долинах. Карбонатный горизонт понижен.

Типичные болотные почвы редки и встречаются по пониженным берегам зарастающих озер и наиболее пониженным участкам котловин в тайге. Их строение таково:

	Мощность, см
А <sub>0</sub> . Полуразложившийся торфянистый мертвый покров . . . . .	2—3
А <sub>0</sub> — А <sub>1</sub> . Черный, в верхних частях слегка буроватый, с обуглившимися спрессованными остатками осок, с сильным запахом сероводорода . . . . .	30—42
Г. Голубовато-сизая глина с многочисленными ржавыми крапинками и жилками гидратов окиси железа. Мерзлота на глубине 53 см (14.VI).	

Наибольшее скопление карбонатов в почве наблюдается в западных, наименее расчлененных долинах частей района. Подня-

тие солей к поверхности приурочивается обычно к участкам, наиболее нагреваемым солнцем. Здесь наблюдаются пятна солончаковых почв. Количество последних по мере движения на восток уменьшается и, по-видимому, в районе Майи они постепенно исчезают.

По крайней мере, Ф. В. Соколов (1913), прошедший в 1912 г. маршрут от Нелькана на Аян и обследовавший наиболее восточный угол Якутии, их присутствия нигде не отмечает. На его пути как в пределах Якутии, так и Камчатской области встречались лишь почвы подзолистого и болотного типов, причем в пределах горных склонов Джугджура и подзолистость не выражена рельефно. Из очень краткого отчета исследователя, впрочем, картина почвенного покрова пройденной им части Якутии обрисовывается недостаточно определенно и ясно.

В 1914 г. в пределах Якутии работали две экспедиции — К. К. Никифорова и Г. И. Доленко (1916).

Первая из них охватила юго-западный угол Якутии, выйдя в ее пределы из Иркутской губернии (от Киренска).

Верховья р. Чоны, водораздел Чона — Улахан — Батобий и дальнейший маршрут до р. Вилюя представляют пространства, покрытые по преимуществу песчаными грунтами и почвами. Вся эта территория, если посмотреть на нее с высоты птичьего полета, состоит из пятен двоякого рода: около 50—60% всей равнины занято тайгой, остальная же территория представлена ерниками «в виде слабо извилистых, лапчато-ветвящихся, широких, более светлых лент». Ерники покрывают понизы ручьев и речек, причем ширина этих понизей достигает километра; растительность их состоит по преимуществу из различных видов кустарниковой березы (*Betula fruticosa*, *B. Middendorffii*, *B. humilis*). Почвы ерников торфяно-подзолисто-глеевые, реже иловато-болотные.

Образцом торфяно-подзолисто-глеевых почв может служить следующий разрез:

	Мощность, см
А <sub>0</sub> . Полуразложившийся торф буровато-черного цвета . . . . .	10—14
А <sub>1</sub> . Во влажном состоянии черный, по высыхании серый, зем- листый . . . . .	18—25
G <sub>1</sub> . Темно-сизый вязкий суглинок . . . . .	13—15
G <sub>2</sub> . Светло-сизый с желтыми мазками, пятнами и отдельными мелкими крапинками гидратов окиси железа, чрезвычайно вязкий и липкий. Вода на глубине 60 см. Мерзлота на 100—140 см.	

Наиболее заболочены полосы ерников на границе с коренными их берегами, и это заболачивание тем сильнее, чем круче берег.

Под тайгой наблюдаются в большинстве случаев слабоподзоленные песчаные почвы.

Двигаясь к востоку от р. Улахан-Батобий, можно наблюдать некоторые изменения в распределении почвенных разностей, заключающиеся в том, что ерники начинают замещаться вейниковыми кочкарниками. «Последние вначале появляются лишь узкими лентами вдоль самого русла ручьев, но дальше они занимают все более и более широкие пространства и, наконец, ближе к Виллюю вытесняют полосы ерников с открытых понижей распадков почти надело». Иначе говоря, приближаясь к Виллюю, мы постепенно начинаем переходить к той обстановке, которая отмечалась для маршрута от Якутска на Виллюйск. За Виллюем, в наиболее восточных частях обследованного Никифоровым района, исследователь действительно вступает в знакомую уже нам почвенную обстановку озерной страны средней части Якутии: мы вновь начинаем встречать здесь солончаковые и солонцовые почвы.

Доленко в 1914 г. прошел следующие маршруты: Олекминск — Сунтар, Сунтар — Тойбохой и назад через Теньку, заезд на Эльгяй и Сунтар — Жербинское, в общей сложности 880 верст, не считая одно-двухдневных боковых петель.

Район, который был захвачен указанными маршрутами, довольно разнообразен по своей природе, в частности по характеру почвенного покрова.

Невдалеке от Олекминска, за Большой Черепанихой, на безлесном, мелковолнистом пространстве разбросаны бросающиеся в глаза голые плешинки «туранов», приурочивающихся к подъемам на релки. Тураны эти так же, как и у Якутска, потрескались или слегка местами припухли и окружены кольцами солянок и *Atropis*, но здесь нет *Artemisia*, всегда встречающейся там. Низинки заняты или лужками с *Iris* и кочкарниками, или солончаком, торфянистым болотом, или, наконец, «озерками». В Дурдусовке на выгоне встречены подобные якутским структурные солонцы. Вообще засоленность почв наибольшая в Кятчинцах и Дурдусовке на широкой долине Лены, достигающей здесь иногда 4—5 верст. Такого рода долина идет до устья Бирюка (с. Нюрехтейское); к Нюрехтейскому засолению ослабевает.

Пространство между Олекминском и Сунтаром можно разделить на три части:

1. От Олекминска до урочища Андалах (151 км) местность сильно рассечена и изобилует крутыми подъемами и спусками с сопки на сопку. На вершинах сопок находится сосняк, иногда с примесью лиственницы и ольхи, на склонах — лиственница. По пониженным местам встречаются ерники, центральные части которых иногда заняты кочкарниками. По вершинам сопок наблюдаются подзолистые почвы, вскипающие на различных глубинах, в зависимости от характера материнской породы; чаще это вскипание обнаруживается на глубине 50—70 см, причем вскоре за ним идет и мерзлота, но иногда на твердых породах можно констатировать вскипание и на глубине 5—10 см. На склонах под-

золистость обычно выражена лучше, но местами склоны заболочены и покрыты мхом.

2. Между урочищем Андалах и верховьями р. Тюнери (104 км) рельеф в общем равнинный; слабо возвышаются релки с сосновым и сосново-лиственничным лесом. Они быстро сменяются болотистыми низинами с огромными кочками из *Сагех*. Здесь под сосновым лесом встречаются подзолы со сплошным ортштейновым горизонтом в виде плит. Под лиственницей «тундристый лес», т. е. с моховым лишайниковым покровом; мерзлота на глубине 20—30 см. Низины покрыты плотными глинистыми почвами, имеющими мощные гумусовые горизонты и бурые с ржавыми пятнами подстилающие горизонты. По-видимому, эти почвы нужно отнести к подзолисто-глеевым. Вскипание на протяжении между Андалахом и верховьями Тюнери не наблюдалось.

3. От Тюнери до Сунтар сопки и гряды чередуются с огромными равнинами. Релки, подобные таковым же предыдущей части района, покрыты сосной на ярко-буром крупнозернистом песке. Здесь много сфагновых болот с клюквой и кустарниковой березой. У подзолистых почв — ортштейновые образования (конкреции) констатированы даже на высоких сопках. Доленко отмечает, что они имеют правильную шарообразную форму и так тверды, что с трудом разбиваются лопатой. Такая характеристика возбуждает некоторое сомнение в том, что описываемые конкреции представляют действительно ортштейновые образования. Почвы в этой части района вскипают очень редко, чаще на склонах.

По мере приближения к Вилюю исследователь и здесь еще раз попадает в обстановку равнин Лено-Вилюйского водораздела: здесь вместо заболоченных пространств среди тайги встречаются поляны, называемые «хану» (то же, что «алас»), с солончаками и солонцами. «Хану» сдвигается с боков лесом, который при помощи можжевельника и потом ели надвигается на него. Можно наблюдать все стадии надвигания: 1) вполне покоренный еловым и елово-лиственничным лесом солончак; 2) солончак, который лес, по-видимому, отказался завоевать — мы видим картину законченной борьбы в ее неподвижных, фиксированных формах и 3) различные фазы более или менее энергичного надвигания на солончак леса — средняя между предыдущими крайними стадиями».

Детальное исследование хану Аккырас показывает, что голые пятна этой длинной поляны имеют ровную гладкую поверхность, как туркестанские такыры, твердую и белую. Кое-где по периферии попадаются кустики *Polygonum sibiricum* или распластанной формы *Atropis*. Верхний горизонт до 6 см сухой, бурно вскипающий с  $\text{HCl}$ , рассыпается на твердые, темно-серые, остросеребряные зерна, диаметром в 5—7 мм. От 12 до 15 см умеренно вязкий и полусухой горизонт, неравномерно окрашенный гумусом, а глубже вязкая и клейкая масса с крупными пятнами углесо-

лей, ржавыми пятнами, гумусовыми карманами и гнездами песку. Описанные пятна часто опоясаны глыбистым солонцом, который встречается здесь и независимо от пятен. Кроме того, в хану Аккырас имеются солончаки с рыхлым, мелкокомковатым или зернистым гумусовым горизонтом мощностью до 15 см. Вскипание у них наблюдается с поверхности до 70 см. Настоящие столбчатые солонцы были найдены по берегам Сунтарского озера.

По расспросным данным, солончаковые поляны встречаются на 30 верст по обе стороны от Вилюя; есть солончаки в Нюрбе и около Вилюйска. Вверх по Вилюю солончаки идут верст на 90 от Теньки.

Таковы в краткой, конспективной форме данные, полученные экспедициями Переселенческого управления в Якутии.

В 1925 г. Академией наук наряду с многими другими исследовательскими партиями Якутской экспедиции был послан в Якутию и почвенный подотряд под начальством Красюка, в составе почвоведов Огнева, агронома Попова и лесоведа Голубева.

Этот подотряд, выйдя из Якутска по долине правого берега Лены, дошел до Барашковской заимки (Каччигатский наслег), откуда перешел на протяжении 213 км Лено-Амгинский водораздел по направлению к урочищу Ломонгхо-Хомото, затем направился вниз по Амге до с. Сулгачи, откуда вышел на Чурапчу и Охотским трактом возвратился в Якутск.

Материалы, собранные подотрядом, обработаны, и отчет в настоящее время отпечатан (1927 г.), что освобождает нас от детальной характеристики обследованного района. Мы здесь столь же конспективно, как и по отношению к другим районам Якутии, отметим главнейшие выводы отчета, имея лишь в виду связать в одно целое старые и новые работы почвоведов в Якутии.

Упомянутый отчет дает характеристику обследованного района в таком порядке: 1) приленская полоса; 2) полоса приленских песков и супесей; 3) лиственничная тайга Ленско-Амгинского водораздела; 4) Приамгинский район (от Ломонгхо-Хомото до Амгинской слободы) и 5) район аласов.

В таком же порядке и мы поведем свое конспектирование результатов исследования почвенного подотряда.

I. В состав приленской полосы входят две нижние террасы р. Лены, от ур. Ой-Бясь до ур. Каччигата. Первая из этих террас, возвышающаяся над уровнем реки на 2,5—3 м и имеющая ширину в 1—3 км, представляет пониженную полосу, заливаемую современными весенними разливами. Терраса сложена слоистыми аллювиальными песками, настилаемыми тонким слоем карбонатного суглинка мощностью в 50—70 см, иногда до 1 м; местами этот суглинок отсутствует.

На этой террасе исследователи выделяют следующие разности почв: 1) темно-серые или коричнево-серые песчаные почвы на слоистом песке (имеют очень ограниченное распространение); 2) перегнойно-глеевые супесчаные почвы; 3) серые и темно-се-

рые солончаковатые суглинистые почвы; 4) серые солончаки на раскисленных суглинках; 5) темноцветные заболоченные солончаковые суглинистые почвы на песчано-суглинистых отложениях; 6) темноцветные легкосуглинистые (иногда супесчаные) почвы на карбонатных суглинках; 7) коричневые неоподзоленные супесчаные почвы на слоистом песке.

Первая из перечисленных разностей представляет, в сущности, недоразвитые почвы, отражающие очень заметно признаки аллювиального наноса. Почвы, обозначенные под № 6, скорее всего могут быть отнесены к группе карбонатных солончаков.

Пятна солончаков (№ 4) наблюдаются преимущественно на протяжении 21—26 км от с. Павловского к Каччигату; вверх по Лене они все реже и реже.

Мерзлота в почвах I террасы встречается на глубине 130—150 см и глубже; только в заболоченных почвах она поднимается до 70—80 см (конец июня).

II терраса, поднимающаяся на 6—9 м над уровнем реки, имеет ширину до 3 км. Большая часть территории этой террасы давно уже вышла из-под влияния современных разливов, и воды последних лишь изредка попадают на более пониженные ее участки.

На этой террасе начинают встречаться древесные породы, которые почти отсутствуют на первой. Ель выбирает почвы суглинистые, богатые гумусом, с неглубокой мерзлотой (70—80 см); занимает преимущественно подножия III террасы. Лиственница менее разборчива по отношению к почве, но предпочитает слабоволнистый рельеф. Сосна растет на гривах с супесчаными, слабогумусными почвами.

Из почв на возвышенных гривах особенно распространены темноцветные суглинистые почвы на карбонатном суглинке (см. № 6 на I террасе). Эти почвы имеют гумусовый горизонт от 15 до 40 см мощностью, вскипают с глубины 5—15 см, а на глубине 20—50 см вскипание исчезает. Мерзлота появляется на 160 см.

Карбонатные суглинки очень богаты иловатыми частицами (<0,01 мм) и песчаной пылью. По-видимому, в их иле преобладают более грубые частицы. Крупного песка и хряща в них совершенно нет.

Развивающиеся на них темноцветные суглинки (карбонатные солончаки) по распределению в них гумуса напоминают черноземные почвы; похожи они на последние и отсутствием передвижения полуторных окислов (иллювиальных силикатных горизонтов в них не образуется). Однако имеются наряду с этим и признаки, не свойственные чернозему: содержание сернокислых солей, особенно на глубине 20—30 см, заметное количество хлоридов в глубоких горизонтах (90—100 см) и наличие нормальных карбонатов на глубине 40—50 см. Из сульфатов в более высоких горизонтах преобладают кальциевые и магниевые. Во

всяком случае, карбонаты здесь заметно господствуют над сульфатами и особенно хлоридами, почему и правильно именовать эти почвы карбонатными солончаками.

Под лесной растительностью темноцветные почвы светлеют, становятся коричнево-серыми или буровато-серыми. Хотя морфологически, по указанию Красюка, подзолистость здесь и не заметна, однако при определении величины рН мы получаем для деградированных почв под еловым лесом 6,8 и даже 6,5, тогда как недеградированные карбонатные солончаки дают в поверхностных горизонтах 7,0 и 7,1, а в более глубоких 8,4 и даже 9,1.

II. Полоса приленских песков и супесей представляет III ленскую террасу с полого-бугристым рельефом; ближе к коренному берегу наблюдается угасший дюнный ландшафт.

Местные пески особенно богаты той фракцией механического состава, которая носит название «мелкий песок» (0,25—0,05 мм), но содержат также достаточно много частиц от 1 до 0,25 см. Более крупных частиц в них совсем нет, а более мелких (песчаная пыль и ил) очень немного.

На более сухих местах здесь встречаются сосновые боры, а на более сырых — лиственнично-сосновые насаждения.

Почвенный покров III террасы слагается следующими разновидностями: 1) серовато-желтые песчаные слабооподзоленные почвы на рыхлом светло-желтом песке; 2) темновато-серые супесчаные подзолистые почвы на коричневатой супеси, подстилаемой слоистыми песками; 3) подзолисто-глеевые песчаные почвы на раскисленном песке; 4) иловато-болотные почвы на раскисленном грязновато-желтом песке.

Почвы, обозначенные цифрой 2, бывают иногда и сильно оподзоленными; в этом случае горизонт  $A_2$  достигает 25 см мощности. Порой супесчаные почвы приобретают в верхних горизонтах легкосуглинистый характер.

У супесчаных сильноподзолистых почв величина рН колеблется по горизонтам в пределах 5,1—5,6, причем наиболее кислыми оказываются не поверхностные горизонты, а более глубокие. Поверхностные горизонты достаточно богаты поглощенными основаниями ( $CaO$  — 0,565%,  $MgO$  — 0,162%), которые, по-видимому, связаны преимущественно с гумусом. В горизонте  $A_2$  эти количества резко падают ( $CaO$  — 0,076—0,078%;  $MgO$  — 0,043—0,026%).

На пологих склонах, по понижениям, встречаются супесчаные почвы, почти совсем неоподзоленные.

III. Ленско-Амгинский водораздел характеризуется волнистым рельефом. Ближе к Лене волнистость средняя, а далее сильная. Особенно сильно расчленена местность за р. Мендой. Маршрут исследователей пересекает целый ряд водораздельных волн и гряд, между которыми имеются широкие долины, занятые сплошь ерником, заболоченными лугами, которые иногда представляют, по-

видимому, заросшие озерные котловины, и осоковым кочкарником. Высокие места водораздела покрыты лиственничной тайгой.

Поверхностная порода на протяжении первых 53 км от Лены представлена мягкими безвалунными суглинками коричневатопалевого цвета, богатыми углекислой известью. Это средний суглинок, пористый, чешуйчато-слоистый, лёссовидный. С 53—58 км от Лены поверхностная порода резко меняет свой характер: она становится тяжелой, вязкой и сырой и может быть названа уже не суглинком, а глиной. Суглинок совершенно лишен хряща и содержит очень мало крупного песка (1—0,25 мм), тогда как в глине имеются не только хрящ и крупный песок, но и обломки песчаника. Суглинки содержат 49—50% иловатых частиц, а глины — 62—65%; в глине часто карбонатов нет.

На возвышенных местах поверхностные породы значительно понижают свою мощность, а иногда и совсем отсутствуют, и в этих случаях материнскими породами являются продукты выветривания песчаников или известняки. Это особенно наблюдается за Мендой.

Преобладающим элементом почвенного покрова являются коричнево-серые или буро-серые слабо- или скрытоподзолистые почвы на тяжелом коричневом суглинке.

На водораздельных высотах встречаются подзолистые супесчаные почвы на продуктах выветривания песчаников и рендзины на известняках.

Кроме того, на описываемом водоразделе встречены: 1) темноцветные суглинистые почвы на коричнево-палевом карбонатном суглинке (по склонам к таежным речкам и на их вторых террасах); 2) темноцветные суглинистые заболоченные почвы ерников (*Betula fruticosa*) на сыром и вязком тяжелом суглинке; 3) подзолисто-глеевые суглинистые почвы (на концах склонов и заливных террасах рек); 4) иловато-болотные почвы на мокром оглеенном тяжелом суглинке (поймы рек).

Мерзлота в почвах водораздела находится на разных глубинах в зависимости от того, имеется ли на поверхности почвы мертвый покров и какой он мощности. На почвах без мертвого покрова она понижается иногда глубже 1 м; при толщине покрова 3—4 см мерзлота обнаруживается на глубине 60—70 см; при толщине в 6—8 см — на глубине 40—50 см.

Исследователи отмечают сильную кочковатость лиственничной тайги как результат лесных пожаров и, в связи с последними, ветровала. То же явление описывалось и предыдущими исследователями Якутской тайги.

IV. Приамгинский район (от Ломонгхо-Хомото до Амгинской слободы) на протяжении первых 65 км представляет слабо разработанную долину р. Амги. Далее появляется более разработанная долина, где богатые луговые угодья по несколько километров длиной занимают, однако, не особенно широкие полосы (от

400 до 600 м); ближе к Амгинской слободе долина реки заметно расширяется.

Особой разницы в механическом составе материнских пород Приамгинского и Приленского районов не имеется, но по направлению от реки к водоразделу замечается увеличение глинистости грунтов, причем в них появляются обломки коренных пород. Эти последние грунты (тяжелые суглинки) близки к карбонатным глинам Ленско-Амгинского водораздела.

Выделяемые в пределах данного района почвенные разности таковы: 1) темноцветные суглинистые (иногда солонцеватые) почвы I и II (речных) террас, занятые пышной луговой растительностью, среди которой преобладают злаки и разнотравье; 2) коричнево-серые или буро-серые неоподзоленные суглинистые почвы пологих склонов, на которых преобладают лиственнично-березовые насаждения, а на расчистках — бобовые растения; 3) торфяно-глеевые суглинистые почвы с влажнолуговой растительностью; 4) иловато-болотные почвы на местах заросших озер и стариц, где преимущественно растут осоки; 5) недоразвитые почвы на слоистом суглинстом, содержащем гумус аллювия (первая приамгинская терраса); 6) солонцеватые суглинистые почвы в понижениях микрорельефа с преобладанием на них *Agropyron mutabile*.

У темноцветных почв I и II террас гумусовый горизонт имеет мощность 30—40 см; более глубокие горизонты имеют чешуйчато-слоистое сложение. Они вскипают на глубине 20—30 см, а при распашке уровень вскипания повышается до 10—15 см. Мерзлота на 150 см. Особенно типичны эти почвы, как и в Приленском районе, для II террасы.

Коричнево-серые или буро-серые почвы пологих склонов имеют верхнюю часть гумусового горизонта в 5—15 см, нижняя же часть его, пятнисто окрашенная гумусом, идет до глубины 80 см. Глубже располагается карбонатный суглинок. Мерзлота в зависимости от толщины мертвого покрова и степени сомкнутости древостоя колеблется в пределах 75—120 см.

Эти почвы можно, вероятно, рассматривать как начальную стадию деградации карбонатно-солончаковых почв.

V. Район аласов начинается уже на пути от Амгинской слободы к с. Сулгачи, где встречаются уже солончатые озера, периферия которых покрыта солончаковыми почвами с белым налетом, а иногда и корочкой хлористых и сернокислых солей.

Поверхностный лёссовидный суглинок постепенно увеличивает свою мощность к северу и в районе Чурапчи достигает уже нескольких десятков метров. Он здесь отличается большей легкостью, чем в Восточно-Кангаласском улусе. По мере приближения к Лене по Охотскому тракту он переходит в легкую мелкопесчанистую породу, еще ближе к Лене сменяющуюся супесью. Вместе с нарастающей мощностью суглинка рельеф местности становится спокойнее; в северной части Ленско-Амгинского во-

дораздела он хотя и расчленен несколькими процессами эрозии, однако не так сильно, как это наблюдается в южной части того же водораздела.

В районе Охотского тракта очень распространены неглубокие котловины и узкие ложбины, а также и озера, которых здесь огромное количество. Большинство озер имеет пресную воду, но среди них встречаются и горько-соленые. Озера находятся в стадии высыхания. Проточными водами район беден.

В Чураччинско-Мегинском районе, кроме слабо- и скрыто-подзолистых почв под лиственничной тайгой на карбонатном среднем суглинке, встречаются и торфянисто-солончаково-глеевые почвы и выщелачиваемые солонцовые и солонцеватые почвы.

Торфянисто-солончаково-глеевые почвы, судя по данным водных вытяжек, засолены очень слабо, имеют лишь сотые, а иногда и тысячные доли процента хлора и серной кислоты; но углекислый кальций присутствует в них в заметных количествах; они вскипают часто с поверхности.

Исследователи отмечают сильное развитие в районе Охотского тракта выщелачивающихся и выщелоченных солонцеватых почв, хотя некоторые из относимых в эту группу разностей имеют уже вполне типичный облик подзолистых почв не только морфологически, но и химически: верхние горизонты этих почв дают определенно кислую реакцию (рН 6,3).

Резюмируя все сообщенные данные о почвенном покрове, мы можем в пределах Якутии выделить следующие типы почв:

- I. Подзолистый
- II. Болотный тип с солончаковым подтипом
- III. Солонцовый

Кроме того, отдельными участками встречаются рендзины. Более детальное подразделение этих типов дает такие группы разностей:

- I. Подзолистый тип
  - A. Собственно подзолистые почвы
    1. Лесные подзолистые почвы (с карбонатными горизонтами и без них)
    2. Луговые подзолистые почвы
  - B. Подзолисто-глеевые почвы (переход к болотному типу)
    1. Подзолисто-глеевые почвы
    2. Торфяно-подзолисто-глеевые
- II. Болотный тип
  - A. Собственно болотные почвы
    1. Иловато-болотные
    2. Торфяно-болотные
  - B. Солончаковые почвы
    1. Солончаки карбонатные

2. Солончаки сульфатные (натрово-сульфатные и кальциево-магниево-сульфатные)
3. Солончаки смешанные
4. Солончаковатые почвы (в том числе и торфяно-глеево-солончаковатые)

### III. Солонцовый тип

1. Столбчатые солонцы
2. Ореховатые солонцы
3. Глыбистые солонцы
4. Корковые солонцы
5. Солонцеватые почвы
6. Выщелачиваемые солонцы и солонцеватые почвы

Следует отметить еще недоразвитые почвы на слоистом аллювии.

Почвы подзолистые, особенно без карбонатов, подзолисто-глевые и типичные торфяно-болотные свойственны, по преимуществу, восточным, южным и частью западным окраинам Якутии, тогда как почвы солонцового типа и солончакового подтипа занимают главным образом средние ее части.

Эти последние почвы кажутся некоторой аномалией для подзолистой зоны, но на самом деле их существование здесь, конечно, вполне закономерно. Если принять во внимание, что черты климата рассматриваемой части зоны весьма своеобразны, отличаюсь резкой континентальностью, сухими и сравнительно теплыми летними периодами, и что эти черты нигде больше не повторяются на протяжении всей подзолистой зоны Евразии (за исключением некоторых районов западного Забайкалья), то будет понятно, что своеобразие климата должно было отразиться на своеобразии почвенных процессов.

Нельзя в то же время не присоединиться к мнению Никифорова, высказанному им в неопубликованной статье 1915 г., что существование солончаковых и солонцовых почв в Якутии находит благоприятную обстановку в местных геологии и рельефе. На этом вопросе мы и остановимся.

Как видно было из характеристик отдельных районов, Среднеякутское плоскогорье отличается относительной равнинностью и слабой расчлененностью. «Долины главных рек края (Лена, Вилюй, Алдан, Амга), — говорит Никифоров, — врезаны довольно глубоко в толщу осадочных пород, и лишь притоки их, размывая широкие покаты плоских водоразделов, расчленяют до некоторой степени однообразную равнину. Местность на восток от Якутска до Амгинского водораздела, водораздел Лены и Вилюя, в пределах обследованных районов и дальше к западу от Вилюя, выделяются крайне слабым развитием речных систем, а на значительных участках территории и полным отсутствием последних. Лишь широкие едва заметно углубленные, как бы плоскокорытообразные понижения, да и то в довольно редких случаях,

Таблица 1

## Химический состав почвообразующих пород Якутского плоскогорья, %

Порода	Гигроскопическая вода	CO <sub>2</sub>	Потери при прокаливании	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Сумма
Песчаник	0,34	15,62	16,23	54,06	5,62	5,12	13,54	1,57	1,55	0,68	0,69	0,32	99,38
Цемент конгломерата	0,65	11,70	14,60	54,75	11,70	4,60	8,26	3,18	0,86	0,61	0,70	0,12	100,38

Таблица 2

## Механический состав надмерзлотных горизонтов почв Якутии, %

Глубина взятия образца, см	Скелет	0,25—0,05 мм	0,05—0,01 мм	Сумма песчаных частиц	<0,01 мм (глина)
50—60	6,75	65,3	8,33	81,38	18,62
120—130 (иллювиальный горизонт)	1,07	39,89	14,78	55,74	44,26

Таблица 3

## Химический состав водной вытяжки надмерзлотных горизонтов почв Якутии, %

Глубина взятия образца, см	Гигроскопическая вода	Сухой остаток	Потери при прокаливании	Минеральный остаток	Растворимый гумус	Общая щелочность	Cl
50—60	1,18	0,016	0,004	0,012	0,0010	0,003	0,001
120—130 (иллювиальный горизонт)	4,95	0,029	0,005	0,024	0,0016	0,006	0,001

служат водосборами местных рек. Проследивая последние, можно уловить и слабо выраженные русла. Уклон этих лентовидных понизей настолько ничтожен, что в громадном большинстве случаев течение местных рек установить довольно трудно».

Как мы видели выше, рельеф плоскогорья усложняется присутствием массы блюдцевидных впадин, имеющих размеры от десятков сажен до нескольких верст. Глубина впадин чаще всего около 4—6 сажен; глубокие впадины в десятки сажен очень редки. Никифоров считает, что котловины Якутского плоскогорья являются результатом выщелачивания подстилающих их пород, богатых углекислыми известью и магнезией, а иногда содержащих штоки гипса и каменной соли. Об известной солёности пород дают некоторое представление результаты анализов, приводимые в табл. 1.

Солёность и отсутствие дренажа или достаточного промывания пород плоскогорья и являются теми местными благоприятными условиями, которые способствуют возникновению солонцов и солончаков. При этом все же необходимо помнить, что и отсутствие промывания пород есть также до известной степени результат своеобразных климатических условий.

Озерные бассейны, ныне постепенно высыхающие, являются собирателями солей и часто их воды действительно бывают солёными или горько-солёными. Пространства, освобождающиеся из-под воды при высыхании озера, оказываются таким образом засоленными.

Промыванию солей в глубину мешает также мерзлота почв и грунтов, которая, как видно, встречается повсюду в Якутии, в лучших случаях уходя в глубину до 250—260 см, а в худших поднимаясь до глубины 20—30 см.

Та же мерзлота задерживает и вмывание в глубину тонких глинистых суспензий, почему над мерзлотой можно наблюдать как бы иллювиальный горизонт, скопивший мелкоземистые частицы.

Сказанное подтверждается аналитическими данными механического анализа и водных вытяжек (табл. 2, 3).

## СОЛОНЦЫ И СОЛОНЧАКИ АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ СССР (СИБИРЬ И ТУРКЕСТАН) \*

### ВВЕДЕНИЕ

Азиатская часть СССР значительно богаче почвами солонцового и солончакового типов, чем Европейская. В то время как на территории последней мы, как правило, начинаем сталкиваться с означенными почвами впервые в лесостепной зоне, где присутствуют почти исключительно карбонатные солончаки, а в черноземной зоне встречаем их лишь сравнительно редкими пятнами, полосками и островками, в Восточной Сибири мы знаем солонцы и солончаки под широтой Якутска (63° с. ш.), следовательно, внутри таежной зоны. В черноземной зоне Западной Сибири, начиная с самых северных ее окраин, солонцы и солончаки встречаются такими огромными площадями, которые никак не могут идти в сравнение с тем, что известно для соответственных частей черноземной зоны Европейской части СССР. Наконец, пространства, занятые каптановой, бурой и серой зонами в Сибири и Туркестане [совр. Средняя Азия.— *Ред.*], настолько велики по сравнению с площадями тех же зон Европейской части СССР, что солонцовые и солончаковые пространства нашего низового Поволжья, Крыма, Предкавказья и Закавказья положительно ничтожны по сравнению с такими же пространствами Казахстана и Туркестана.

Ввиду того интереса, который в последнее время проявляется по отношению к солонцовым и солончаковым почвам в специальной литературе, ввиду высокой важности изучения этих почв для различного рода практических мероприятий нам представляется своевременным дать хотя бы краткую сводку тех данных, которые накопили почвенные экспедиции бывшего Переселенческого управления по вопросу об упомянутых почвах в период с 1908 по 1914 г. включительно.

Нельзя отрицать того, что и в старой литературе, касавшейся почв Сибири и Туркестана, были некоторые данные о солонцах и солончаках упомянутых территорий, но эти данные в общем давали сравнительно малое представление как о морфологии интересующих нас почвенных образований, так и о их географии,

\* Опубликовано в 1926 г. М., «Новая деревня». Печатается с сокращениями.

топографии, химических особенностей и классификации. Для целого ряда районов Азиатской части СССР солонцы и солончаки даже не отмечались, и они впервые были там найдены и описаны упомянутыми выше экспедициями.

### ТАЕЖНАЯ (ПОДЗОЛИСТАЯ) ЗОНА

Идя в географическом порядке с севера на юг, нам придется прежде всего остановиться на солонцовых и солончаковых почвах Якутии, где эти почвы были одновременно отмечены как в пределах различных террас р. Лены, так и на водоразделах (Якутск — Вилюйск и Якутск — Усть-Майя).

Долина р. Лены несколько южнее Якутска и вблизи самого города слагается из нескольких террас, среди которых Г. И. Доленко (1913) различает пойму, I и II надпойменные террасы. Пойма характеризуется слабо выраженными процессами почвообразования, и солончаки здесь местами только начинают намечаться. Лишь там, где пойма сильно изрезана промоинами, по окраинам западинок наблюдаются полосы лугового солончака, покрытого густой зарослью *Atropis*.

На I террасе, шириной от  $\frac{1}{2}$  до 1 версты, тянутся параллельными рядами гривки, разделенные низинками, покрытыми безлесными лужками, болотистыми почвами и кочкарником с ирисовыми кустами. По склонам гривок (по-якутски, кырдалов) развиваются солончаки с соевыми на плешинах выцветами, которые собираются в частые мелкие бугорки беловатого или серовато-белого цвета. Здесь уже, кроме кустистой формы *Atropis*, рядом с нею на плешинках появляются и солянки.

Наибольшее развитие имеет II терраса, по которой тянутся, более или менее параллельно реке, удлиненные западины — бывшие рукава и протоки. Промежутки между западинами то широкие, то узкие. Первые покрыты сосной или лиственницей с подзолистыми почвами, а вторые несут степную флору и покрыты *карбонатными солончаками*. Нахождение неглубоких карбонатных горизонтов под подзолистыми почвами указывает на их вторичное происхождение из карбонатных же солончаков.

Среди карбонатных солончаков встречаются округлые плешины 40—70 см в диаметре, содержащие в средней своей части *корковые солонцы*, а на периферии — *глубокостолбчатые*. У коркового солонца горизонт А имеет несколько миллиметров мощности; уплотненный горизонт рассыпается на ребристые с глянцевитыми гранями отдельности. На глубине 6—8 см от поверхности он бурно вскипает, и в нем наблюдаются обильные отложения солей. Корковые солонцы находятся только на вершинах релок, а глубокостолбчатые наблюдаются и по склонам, если таковые пологи, выше мокрой солончаковой полосы. У них горизонт А имеет мощность 10—12 см, а горизонт В — около 10 см.

Равнинный и сравнительно мало дренированный водораздел между Якутском и Вилюйском пестрит массой озер и покрыт в различных частях то лесами, то безлесными луговыми пространствами. Площади леса, по данным Р. И. Аболина (1913), занимают от 60 до 90% поверхности, а на долю лугов приходится от 10 до 40%. Луга сопровождают берега рек, ручьев, а также и озер и идут иногда обширными полями (по-якутски, аласами) далеко в стороны от озер и рек.

Луга частью влажные с почвами заболоченными, частью сухие — *степного типа*. На более сухих лугах встречаются солончаки, и не только карбонатные, а наряду с ними и *структурные солонцы*, но не со столбчатыми, а с призматическими отдельностями горизонта В, легко рассыпающимися на орехи. У них очень мощный горизонт А с сильно обесцвеченной нижней частью пепельно-серого цвета. Бурное вскипание обнаруживается на глубине около 50 см, присутствия гипса исследователем не отмечено. Ввиду большой мощности горизонта А (до 30 см) растительность таких солонцов мало отличается от растительности соседних несолонцовых пространств; она лишь несколько изрежена.

Солонцовые и солончаковые почвы встречены в бассейне Вилюя К. К. Никифоровым (1916) к юго-западу от Вилюйска, а Г. И. Доленко (1916) в Сунтарском и Олекминском районах.

На протяжении между Якутском и Усть-Майей (к востоку от Якутска), по данным Никифорова (1913), солончаковые почвы приурочиваются к участкам, наиболее нагреваемым солнцем, где наблюдается и максимальное оттаивание мерзлоты в течение летнего периода. «Этими отношениями, — говорит исследователь, — вполне определяется топография солончаковых пятен, встречающихся в обследованном районе, преимущественно в озерной приленской полосе, и здесь сосредоточенных почти исключительно на излучинах усыхающих котловин, примыкающих к склонам, обращенным на юг».

К востоку отсюда, по мере увеличения количества осадков, солончаки постепенно исчезают.

Из сообщенных наблюдений мы видим, во-первых, что солонцовые и солончаковые почвы не выходят из пределов средней части Якутии, отличающейся наиболее континентальным климатом. Они исчезают довольно быстро к востоку от Якутска и к западу от бассейна р. Вилюя. Во-вторых, необходимо подчеркнуть, что чаще всего местные солончаки принадлежат к группе карбонатных и реже имеют более сложный состав солей. В-третьих, солонцы водораздельных пространств обычно принадлежат к группе так называемых *ореховатых* разностей, и только вторая терраса р. Лены несет ясно оформленные *столбчатые* солонцы. По-видимому, последнее обстоятельство находится в связи с большим засолением приленских террас по сравнению с водораздельными пространствами.

Якутская таежная полоса с пятнами солонцов и солончаков переходит и в западное Забайкалье (р. Верхняя Ангара, р. Мул — левый приток Витима и пр.), благодаря чему в западном Забайкалье чрезвычайно трудно установить ясную границу между таежной и степной зонами. Последняя здесь к тому же не имеет сплошного распространения, а располагается также полосами, островами и пятнами, чередующимися с возвышенными районами, занятыми лесом с подзолистыми почвами.

Таким образом, в пределах западного Забайкалья и средней части Якутии мы наблюдаем нарушение почвенной зональности, свойственной всему Европейско-Азиатскому материку, но это нарушение вполне гармонирует с нарушением климатической зональности, что лишний раз подчеркивает ту тесную связь, в какой находятся между собой климат и почвенный покров.

### ЧЕРНОЗЕМНАЯ ЗОНА

Переходим теперь к черноземной зоне и остановимся прежде всего на Западной Сибири. Уже из работ проф. А. Гордягина (1900) было известно, что черноземные почвы в Тобольской губернии не имеют сплошного распространения, что они занимают лишь повышенные части так называемых грив, т. е. плоских увалов, причем склоны последних и межгривные пространства покрыты иными почвами. Эти указания делали весьма интересными детальные исследования в области западносибирского чернозема, которые и удалось провести при содействии Ялуторовского отдела Московского сельскохозяйственного общества, на всем протяжении Тюмень-Омской железной дороги, захватив полосу десятиверстной ширины (Глинка, Горшенин и др., 1914).

Оказалось, что уже в Тюменском уезде, а особенно в Ялуторовском, солонцы занимают огромные площади, количественно преобладая над всеми другими почвами. Особенно распространены *ореховатые* разновидности солонцов. В Тюменском уезде карбонатные солончаки часто переходят в карбонатные же почвы болотного характера, как бы подчеркивая ту связь, которая в природе существует между болотным (северным) и солончаковым (южным) типами почвообразования.

В Тюменском и северной части Ялуторовского уезда, где абсолютные высоты невелики, солонцы, по данным Горшенина, располагаются по низинам между гривками, покрытыми черноземом, или поблизости от мест мокрых кочкарников и болот. В остальной части Ялуторовского уезда солонцы занимают речные долины и пологие склоны к этим последним.

У ореховатых солонцов верхний горизонт (А) темный, но с ясным сероватым оттенком; мощность его 12—24 см. При большей мощности горизонта А травянистый покров почти тот же,

что и у чернозема. Горизонт В<sub>1</sub> состоит из ясно отделяющихся угловатых отдельностей с блестящими гранями. Глубже идут желто-бурые орешки горизонта В<sub>2</sub>. Вскипание наблюдается то в В<sub>1</sub>, то в В<sub>2</sub>. Иногда и у ореховатых солонцов наблюдается разделение горизонта А на две части: верхнюю — более темную (А<sub>1</sub>) и нижнюю — более светлую с чешуйчато-слоистым сложением (А<sub>2</sub>). Вскипание в этих случаях понижено.

Те же две разности существуют и у столбчатых солонцов — с закругленными верхушками столбов. Едва ли можно сомневаться в том, что разности с подгоризонтом А<sub>2</sub> представляют стадию более позднего развития, чем разности с однородным горизонтом А.

Солонцы *призматические* редки и наблюдались только в северной части железной дороги, до Ялutorовска.

Еще реже, отдельными пятнами незначительных размеров, встречаются *глыбистые* солонцы. Они располагаются по едва заметным низинкам среди столбчатых солонцов.

Средняя часть Тюмень-Омской железной дороги, расположенная почти целиком в Ишимском уезде и лишь небольшими участками в Тюкалинском, также весьма богата солонцовыми и солончаковыми почвами. По данным А. А. Яковлева, эти почвы если не по занимаемой ими в совокупности площади, то по частоте появления среди иных почвенных типов справедливо могут считаться господствующими.

Среди разностей солонцовых почв преобладают столбчатые солонцы, солонцы же *призматические*, ореховатые и *глыбистые* представляют сравнительно редкое явление. *Корково-столбчатые* солонцы залегают обычно на слабо приподнятых площадках, небольших бугорках с плоской вершиной, по склонам же их и между ними располагаются *глубокостолбчатые* солонцы с мощностью горизонта А, иногда превосходящей 20 см.

От солонцов через солонцеватые, слабосолонцеватые почвы наблюдается переход к чернозему.

Солончаки достаточно разнообразны и также связываются с черноземом при помощи *солончаковых* почв. Гораздо последовательнее, полнее и чаще прослеживаются переходы от солончаковых почв к болоту. Солончаково-болотные почвы, приурочиваясь к окраинам болот, имеют с поверхности неглубокий, сильно трещиноватый слой, обсыпанный порошковатыми выцветами солей.

Иногда в солончаках бывает так много солей, что на стенках выкопанной ямы немедленно появляется седой налет игольчатых кристаллов гипса \*, длина которых на вынутом образце достигает порой 1 см.

В южной части Тюмень-Омской железной дороги, охватывающей юго-запад Тюкалинского уезда и север Акмолинской обла-

\* По-видимому, мирабиллита ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). — Прим. ред.

сти, по данным Стратоновича, солонцы доминируют над остальными почвами, особенно распространяясь в центральных и западных частях района. Наиболее высокое положение занимают глубокостолбчатые солонцы, к средним частям склонов приурочиваются солонцы с менее мощным горизонтом А, а еще ниже по склонам к озерам и болотам наблюдаются постепенные переходы к солончакам, сначала слабо структурным, а потом и бесструктурным.

В Тарско-Тюкалинском районе встречаются как солонцеватые почвы, так и солонцы. Первые, по указаниям В. И. Исколя (1913), залегают или полосами по скатам с высоких грив, или пятнами по вершинам плоских увалов. Глубокостолбчатый солонец попадает «как в области распространения ориентированных грив, где занимает более пологие, в сравнении с залеганием солонцеватого чернозема, места на скатах, так и в особенности в области пологих увалов, где имеет широкое распространение в верхних частях увалов». Солонцы с маломощным горизонтом А (корковые, поверхностно-столбчатые) залегают обычно «по межгривным ложинам и скатам с пологих увалов, выходя иногда на широкие увальные пространства».

По периферии солончаков наблюдаются постепенные переходы от солонца к солончаку. Эти переходы выражаются в том, что столбчатый горизонт В<sub>1</sub> становится малосвязным, распадаясь на блестящие черные орешки величиной до 1/2 см. Вскипание наблюдается почти с поверхности или на глубине немногих сантиметров, реже с 15—20 см. С глубины около 15 см попадают крупные пятна карбонатов. Приближаясь к солончаку, солонец становится еще рыхлее, сырее, легко режется лопатой. Горизонт В состоит из довольно мягких горошин; горизонт А — рыхлый, растрескивающийся при высыхании и делающийся комковатым. Вскипание с кислотой почти с поверхности.

Северная часть Барабы, по данным А. И. Хаинского (1913), чрезвычайно богата карбонатно-солончаковыми почвами, залегающими не только в низменных местах, но и на гривах (между оз. Убинским и р. Омью). В межгривных долинах, в области рек внутреннего бассейна, располагаются солончаковые болота; особенно они распространены там, где гривы заняты луговыми карбонатно-солончаковыми почвами. Одинаково сильно развиты солончаки в межгривных и речных долинах. В южных частях межгривных долин среди небольших площадей болот и солончаков особенно развиты структурные солонцы и солонцеватые почвы.

Резюмируя все сказанное относительно солонцеватых и солончаковых почв северной части черноземной зоны Западной Сибири, мы приходим к заключению, что эта часть зоны, где должны бы были залегать северный (деградированный), выщелоченный и мощный черноземы, на самом деле представляет чрезвычайно сложный и пестрый комплекс, где черноземные почвы и почвы

деградированные сплошь и рядом не играют главной роли, которая здесь принадлежит солонцам и солончакам.

Чему же приписать те существенные отличия, которые намечаются в северной части западносибирской черноземной зоны по сравнению с этой же частью черноземной полосы Русской равнины? Нам думается, что причина эта лежит прежде всего в несколько различном геологическом прошлом Западной Сибири по сравнению с Европейской частью СССР.

В Западной Сибири геологическую основу, подстилающую послетретичную серию пород, слагают богатые солями третичные осадки, которые и сейчас местами неглубоко лежат от поверхности. Обильные воды, которые в доледниковый, ледниковый и послеледниковый периоды затопляли равнину Западной Сибири, размывая те же третичные осадки, выщелачивали из них соли. Поэтому и послетретичные осадки довольно богаты солями. Одно из этого, однако, недостаточно для объяснения столь широкого распространения в Западной Сибири солончаков и солонцов. Здесь присоединяется еще весьма слабая дренированность Западно-Сибирской равнины, благодаря чему грунтовые воды, особенно на пониженных местах (межгрядные долины и пр.), стоят очень неглубоко от поверхности, поднимая к последней и растворенные в них соли.

Как явствует из предыдущего изложения, местные солонцы по своей морфологии могут быть разбиты на следующие разновидности: 1) *глыбистые*, 2) *корковые*, 3) *призматические*, 4) *глубокостолбчатые* и 5) *ореховатые*.

*Глыбистые* и *корковые* солонцы представляются наименее выщелоченными по отношению к воднорастворимым солям, а следовательно, ближе всего стоят к солончаковым почвам. Глубокостолбчатые солонцы представляются более выщелоченными, а среди них в наибольшей степени промытыми являются те разновидности, у которых обособляется более или менее явственно светлый, иногда белесый, подгоризонт  $A_1$ . Несколько менее промытыми оказываются *призматические* солонцы. Что же касается *ореховатых*, то их можно рассматривать как образование, где солонцовый процесс выражен относительно слабо. Эта разновидность является как бы переходом к солонцеватым почвам, а некоторые исследователи даже прямо зачисляют ее в группу солонцеватых. У сибиряков существует термин *подсолонок*, применяющийся, по-видимому, не только к ореховатым солонцам, но и к глубокостолбчатым, имеющим очень мощный горизонт  $A$ .

В группе ореховатых солонцов, как кажется, наблюдаются два случая: 1) ореховатые солонцы могут представлять как бы недоразвитый солонец и 2) ореховатая структура может появиться как результат деградации столбчатого солонца. В этом последнем случае горизонт  $A$  должен быть достаточно мощным, и в нем обособляется белесый нижний подгоризонт  $A_2$ .

К востоку от Ново-Николаевска площади солонцеватых и

солончаковых почв значительно сокращаются. Почвы эти перебираются преимущественно в речные долины, оттесняясь местами на юг, к 55° с. ш. Так, в районе, охватывающем западную часть Мариинского, северо-западную Кузнецкого и юго-восточную Томского уездов, солонцы появляются в бассейне р. Ини, по долинам некоторых ее притоков и по пониженным местам. Происходит это потому, что, начиная от Ново-Николаевска, наблюдается уже значительное расчленение рельефа в связи с появляющимися горными отрогами и вместе с тем лучшая дренированность. Возможно, что некоторое влияние оказывает и изменившееся геологическое строение.

Н. И. Кузнецов (1913) дает следующую характеристику здешних солонцов:

	Мощность, см
А <sub>1</sub> . Серовато-черный, бесструктурный, сильно пылеватый, только внизу со слабой тенденцией к очень мелкой зернистости, довольно песчанист . . . . .	15
А <sub>2</sub> . Серовато-черный с пепельным оттенком, песчанистый, пылеватый. Распадается на комочки с присышкой на них, в то же время наблюдается слоистость в сложении . . . . .	24
В. Черно-бурый в изломе и буровато-коричневой окраски на срезе. Распадается на столбики, которые при нажиме разлагаются на комочки неопределенной формы. Сильно порист. В нижней части его, на границе с горизонтом С, залегают слой, очень богатый солями, дающими рыхлые скопления, но не лежгрибницу. Весь горизонт В очень плотный, с трудом поддается лопате . . . . .	16
С. С глубины 52 см желтоватого цвета, легкий, сильно- и крупнопористый суглинок, сильно вскипающий, хотя видимых следов присутствия солей и не замечается. Сплошное вскипание на глубине 52 см, частичное — несколько выше (50—51 см).	

Солончаки того же района имеют такую морфологию:

	Мощность, см
А <sub>1</sub> . Пылеватый бесструктурный суглинок серовато-черного цвета. Нижняя граница его представляет обычно очень извилистую линию . . . . .	9—18
А <sub>2</sub> . Темно-серый с пепельным оттенком суглинок, с очень слабо выраженной крупитчатостью, книзу окраска темнее. Весь этот горизонт дробится на тонкие плитчатые отдельности. Ближе к горизонту С окраска его уже неоднородная, пестрая — от темно-серой до желтовато-серой . . . . .	37—46
С. Очень вязкий пористый суглинок, обычно более или менее влажный. Почва вскипает с поверхности.	

На таких солончаках растут *Plantago maritima* L., *P. Gornuti*, *Atropis distans* Gries, *Triglochin maritima* L., *Suaeda corniculata* Bge, *Salicornia herbacea* L.

Еще восточнее отмеченного только что района, в пределах Мариинского уезда, вплоть до границы Енисейской губернии солонцовые и солончаковые почвы представляют уже довольно редкое явление. В. П. Смирнов (1913) отмечает лишь, что в южной части лесостепной полосы черноземные почвы получают *солонцеватый* характер, а по более пониженным местам встречаются *солончаки* следующего строения:

Мощность, см

А <sub>1</sub> . Стально-черного цвета, плотный; при высыхании растрескивается на полиэдрические отдельности. Солевые налеты встречаются на самой поверхности. Бурно вскипает с соляной кислотой. Резко отделяется от следующего горизонта . . . . .	15
А <sub>2</sub> . Пепельного цвета, довольно рыхлый, бесструктурный, с отдельными подтеками органического вещества . . . . .	20
А <sub>g</sub> . Серо-бурый с выделениями бурой водной окиси железа и с языками органических веществ . . . . .	50
С. Серая глина с синевато-зеленоватым оттенком (оглеенная). В ней находится верхний горизонт грунтовой воды.	

В Ачинско-Красноярском районе Енисейской губернии Н. В. Благовещенский (1913) отмечает только *солончаки*, приуроченные к западинам, очевидно, не представляющие здесь сколько-нибудь широко развитых почвенных образований. Если солей в почве немного, то на ней растет *Cirsium acaule*, а при большем количестве солей — *Glaux maritima*.

В Иркутской губернии лесостепные районы обследованы в почвенном отношении крайне недостаточно. Площади этих районов относительно невелики и жмутся чаще всего к речным террасам. Среди них нередки *солонцеватые* почвы, а по долинам рек (например, р. Унги) — и *солончаки*.

Переходя к Забайкальской области, напомним, что в западной части Забайкалья трудно провести границу между ответной тайгой и степью, отчасти потому, что здесь внедряется полоса относительно сухого климата в область тайги, отчасти потому, что Забайкалье очень богато высоко приподнятыми площадями (горстами). Явления степного порядка приурочиваются обычно к пониженным пространствам (грабенам), нередко представлявшим в недавнем прошлом обширные озерные бассейны.

Такова, между прочим, область Еравинских озер, расположенных между 52°30' и 53°30' с. ш. среди высокого плоскогорья. Эта область представляет грабен, который еще в послетретичную эпоху был заполнен обширным и довольно глубоким озерным бассейном. Постепенное исчезновение этого бассейна должно было привести вначале к образованию влажных пространств, которые заселились травянистой растительностью. Первой стадией почвообразования была стадия лугово-подзолистых почв с некоторым заболачиванием, на что указывают обильные ортштейновые кон-

креции, находящиеся в подгумусовых горизонтах местных почв. По мере усыхания территории при условиях современного достаточно сухого климата (не более 300 мм осадков) лугово-подзолистые почвы постепенно превращались в *солончаки*, преимущественно карбонатной группы, а местами формировались и *солонцы*. Только таким способом можно объяснить те соотношения, которые наблюдаются в настоящее время в условиях распределения ортштейновых конкреций и карбонатов в современных солончаках, где сплошные выделения карбонатов расположены выше ортштейновых конкреций.

Карбонатные солончаки представляют в данное время наиболее распространенную почву степной равнины области Еравинских озер. Солончаки с незначительными выпотами солей на поверхности наблюдаются лишь кое-где по низинкам и на берегах озер.

Что касается солонцов, то столбчатых разностей тут наблюдать не приходилось. Обычно солонцы имеют ореховатую или ореховато-призматическую структуру горизонта В. У солонцеватых почв замечается пластинчатое сложение уплотненного горизонта. Солонцы, очень распространенные в районе, встречаются или небольшими пятнами, или площадями довольно значительных размеров. Отдельные пятна располагаются обычно на слабо приподнятых плоских повышениях среди пространств, занятых солончаками. Большие площади, покрытые солонцами, разбиты трещинами на крупные многоугольники (30—50 шагов). Есть основание полагать, что на площадях, сплошь занятых солонцами, существует подземный ток воды, идущий от соседних склонов по горизонту мерзлоты.

Для характеристики местных солонцов приведем описание одного из разрезов, даваемое М. Ф. Коротким (1913):

Мощность, см

А<sub>1</sub>. (Потеками гумусовая окраска спускается почти до дна ямы). Во влажном состоянии черно- или темно-серый, книзу принимает буроватый оттенок, особенно по обратным языкам слабоокрашенной гумусом породы; эти языки очень часто принимают такой же совершенно бурый цвет, как и уплотненный горизонт (В), причем по этим местам замечается отмирание корешков. Сунесчаный с более светлыми песчинками и значительным количеством зерен гравия. Мягкий, рыхлый, легко рассыпающийся. По обратным, слабоокрашенным гумусом языкам более или менее пористый, более плотный, суглинистый . . . . . 17—30  
(с карманами и языками до 50)

А<sub>1-2</sub>. Прорезывается гумусовыми языками из вышележащего горизонта, также с серыми гумусовыми пятнышками. Между теми и другими слабо или почти не окрашен гумусом; большую часть цвет серовато-буро-желтый, часто с белесоватым оттенком. Легкий

суглинок с большой примесью гравия и дресвы, плотный, но легко крошащийся при разламывании; тонкопористый. По горизонтали ложится несколько правильнее, чем по вертикали, но нередко замечаются вертикальные трещины, хотя и очень неправильные. Заметно переходит в нижележащий . . . . . 12—25

A<sub>2</sub>. Обесцвеченный горизонт, белесый в сухом состоянии, более скелетный, чем A<sub>1-2</sub>, более рыхло сложенный, но не мягкий. Чрезвычайно легко разрушается на отдельные частицы. Особой структуры заметить не удастся, большей частью разламывается неправильно. Редко удается заметить горизонтальную спайность; тогда сторона излома, обращенная вверх, несколько светлее, с большим количеством мучнистой присыпки . . . . . 5—8  
(иногда до 10)

B<sub>1</sub>. Верхняя граница на глубине 43—57 см. Особого бурого цвета, напоминающего цвет заварного хлеба. Разбит редкими вертикальными трещинами, но столбчатость совершенно не выражена. По трещинам окрашен темнее, чем в разрезе, с лиловатым или сизосиневатым оттенком. Поверхности блестящие. Здесь же в трещинах скопляются корешки, большей частью мертвые. Очень плотный, пластинчатый. Поверхности пластинок по цвету почти не отличаются от горизонта в разрезе, менее блестящие, чем поверхность вертикальных трещин. Иногда распадается на ореховатые или ореховато-чешуйчатые отдельности. Тонкопористый. Иногда в нижней части слабо вскипает. Заметна на ощупь примесь песка. Обе границы довольно резкие; структура, однако, исчезает более или менее постепенно . . . . . 8—16  
(с карманами до 30)

B<sub>2</sub>. Карбонатный, беловато-желтый, почти палевый, книзу более бурый, иногда с уплотненными пятнами, имеющими такой же цвет, как B<sub>1</sub>, и слабо вскипающими. Очень рыхлый и мягкий, непрочный, легко разрушающийся при сдавливании пальцами. Очень сильно пористый, тонкопластинчатый. Совершенно постепенно переходит в нижележащий . . . . . 25—35

B<sub>3</sub>. Пятнистый благодаря механической неоднородности и неравномерному скоплению углеселей: то кремевый, то буро-желтый, то желтовато-серый, книзу с редкими ржавыми пятнами. Большую часть очень плотный, где более глинист, здесь же и темнее окрашен, и с редкими мелкими железистыми примазками. Книзу становится супесчаным, а на самой границе с мерзлотой опять суглинистым. В верхней части сильно вскипает, книзу вскипание становится очень слабым. Пластинчатый, местами ореховатый, книзу структура почти замирает. Крупнопористый. Глубина ямы 197 см, глубина мерзлоты 189 см (31.VII), глубина вскипания 53—71 см.

Солонцы описываемого района различаются, как уже отмечалось выше, по структуре горизонта B и по глубине его залегания: у одних разностей структура мелкоореховатая, у других —

горизонт В имеет призматические отдельности, которые довольно легко распадаются на зерна (мелкоореховатая структура). Глубина залегания горизонта В колеблется от 20 до 60 см, большей частью между 30—50 см.

Из растений, особенно типичных для местных солонцов, необходимо отметить *Thermopsis lanceolata*, который встречается сплошными зарослями. Кроме того, много *Agropyrum pseudoagropyron* (по-сибирски, вострец), *Carex stenophylla* и целый ряд луговых форм.

Кроме солонцов в районе наблюдаются солонцеватые почвы и по краям западин — почвы переходные от солонцов к солончакам. Остановившись на морфологии всех этих образований мы не имеем возможности.

Солончаковые и солонцеватые почвы отмечаются также в Верхнеудинском и Верхнеонском районах Забайкалья (Прасолов, Фролов, 1914).

Чтобы закончить характеристику солонцов и солончаков лесостепного района Забайкалья, остановимся еще на окрестностях Нерчинска, обследованных В. Н. Сукачевым (1912а).

Местность лежит между реками Нерчей и Куенгой и представляет, как и район Еравинских озер, бывшую озерную впадину, ныне выполненную озерными осадками, покоящимися на каолинизированных липаритах и липаритовых туфах. Почвообразование здесь пережило, как и в Еравинском районе, две стадии: лугово-подзолистую и солонцово-степную, на что указывают ортштейновые конкреции, весьма распространенные в местных почвах.

Довольно широким распространением в районе пользуются *столбчатые* солонцы. «На ровных местах или на полого-покатых южных склонах столбчатые солонцы образуют комплекс со степью, занимая обыкновенно до  $\frac{1}{4}$  и несколько больше поверхности. Причем на особенно ровных местах они могут занимать до  $\frac{1}{2}$  всей поверхности. Особенного же развития они достигают у основания южных склонов, где вдоль дна пади образуют часто совершенно сплошную полосу». Те же почвы встречаются на дне мелких падей и в верховьях широких сточных ложбин.

Местные столбчатые солонцы имеют такое строение:

	Мощность, см
А <sub>1</sub> . Темно-серо-коричневого цвета . . . . .	6—9
А <sub>2</sub> . Ясно обесцвечен, тонко плитчат, слоист и резко отграничен от горизонта В <sub>1</sub> . . . . .	4—6
В <sub>1</sub> . Очень плотен и ясно столбчат. Отдельные столбики имеют 4—6 см высоты и такую же толщину. Они, в свою очередь, собраны в более крупные столбы до 10—12 см толщиной. Верхние части столбов закруглены и присыпаны белесоватой мукой, которая частью заходит и по трещинам.	

В<sub>2</sub>. Состоит из острогранных орешков. В нижней части горизонта начинают проявляться карбонаты в форме лжегрибницы, которая параллельно с уничтожением ореховатости переходит в почти сплошной известковый горизонт . . . . . 15—20

В некоторых разрезах солонцов явственно наблюдается более темная окраска нижних частей гумусового горизонта, как бы говорящая за то, что солонец развился на основе бывшей луговой почвы.

Наряду с солонцами здесь наблюдаются и солончаковые почвы, преимущественно карбонатной группы. Нередко эти почвы уже в значительной степени выщелочены.

Перейдем теперь к более южным районам сибирской черноземной степи и остановимся первоначально на Кустанайских степях Тургайской области, обследованных М. Ф. Коротким (1914) на пространстве между 54°10' и 51°20' с. ш. и 61—65° в. д., что соответствует в этом районе частью подзоне обыкновенного, а преимущественно, по-видимому, южного чернозема. Поверхность района равнинная, а материнские породы варьируют по механическому составу от тяжелых суглинков до супесей и даже уплотненных песков.

*Солонцы* здесь появляются в наибольшем количестве среди супесчаных и суглино-супесчаных почв; площади, занятые солонцами, иногда так велики, что среди них плакорный тип почвы появляется только пятнами. Солонцы нередко залегают на повышенных увалах. Следует при этом отметить, что к району супесчаных почв приурочиваются чаще всего и соленые озера, по берегам которых развиваются солончаки. Очевидно, и здесь, как и в западносибирской лесостепи, мы имеем дело с сильно засоленными грунтами.

Достаточно распространены солонцовые почвы и на площадях с материнскими породами более тонкозернистого состава. В большинстве случаев наблюдаются столбчатые солонцы, но среди них иногда довольно крупными пятнами попадаются солонцовые почвы иной морфологии. Поверхность этих почв углублена по сравнению с поверхностью столбчатых солонцов сантиметров на 10. Почва здесь, прежде всего, покрыта трещинами, которых не наблюдается у столбчатых солонцов. Ширина трещин от 1 до 3 см. Вместо горизонта А у этих почв наблюдается корка, прочная и плотная, серовато-желтого цвета, мощностью в 1—2 см, редко более. Под ней начинается уплотненный горизонт В<sub>1</sub>, который в верхней своей части распадается на ореховатые отдельности (до глубины 5—8 см), а в нижней выламывается призматическими столбами, распадающимися на более короткие призмы. Эти последние, в свою очередь, делятся на мелкоореховатые и даже зернистые отдельности, однако более плотно спаянные между собой, чем это наблюдается в верхней части горизонта В. Поверхности этих отдельностей гляцевиты. Размер

отдельностей возрастает книзу до крупноореховатых и комковатых с более сильной глянцевитостью.

Описанные разности солонцов вскипают выше, чем столбчатые солонцы (20—25 см, а столбчатые — 32—42 см), у них наблюдается также довольно высокое залегание не вскипающих солей (гипс), а именно на глубине 37—40 см, тогда как на столбчатых солонцах эта глубина определяется 54—62 см. Кроме того, не наблюдается здесь и пятен углесолей в горизонте В<sub>2</sub>, которые всегда присутствуют в столбчатых солонцах.

Для глубоких западин М. Ф. Короткий описывает *подзолисто-солонцеватые* почвы следующего строения:

Мощность, см

- |   |       |
|---|-------|
| А <sub>0</sub> . Довольно плотный дерн, образованный корнями растений (торфоподобный) . . . . .   | 3—5   |
| А <sub>1</sub> . Серый с пепельным оттенком или пепельно-серый. Гумусовая окраска языками и широкими (до 40—50 см шириной) карманами опускается в нижеследующий горизонт и далее (до глубины 95—100 см), причем нижняя часть языков и карманов окрашена в более темный цвет . . . . .   | 1—10  |
| А <sub>2</sub> . Местами опускается вниз огромными карманами, достигая мощности 55 см, причем эти карманы горизонта А <sub>2</sub> образуются по карманам гумуса, подстилаясь темными нижними частями гумусовых карманов. Белесый, с обильными бурыми мелкими пятнышками и железистыми конкрециями (1—5 мм); конкреции снаружи ржавые или бурые, внутри темно-бурые, нередко буро-черные, твердые. Большею частью крупнопористый. Много корешков, из коих мертвых очень мало. Хорошо выражено пластинчатое сложение; причем поверхность пластинок без мучнистой присыпки, даже в том случае, когда поверхность совершенно белесая. Пластинчатость заметна хорошо на 8—10 см от начала горизонта, опускаясь по карманам значительно ниже; толщина пластинок 1—3 мм. По языкам заметна очень резкая разница в окраске поверхностей пластинок: верхняя поверхность окрашена в белесый цвет, нижняя — значительно темнее. По мере движения к поверхности горизонта разница в окраске постепенно исчезает, становясь у начала А <sub>2</sub> незаметной. Переходит в нижеследующий горизонт постепенно: белесая окраска уступает место бурой, пластинчатость сменяется большею частью прекрасно выраженной зернистостью, причем зерна с глянцевитыми, хорошо сформированными плоскостями сопряжения, ребристые . . . . . | 10—15 |
| В <sub>1</sub> . Местами совершенно выклинивается по карманам и языкам гумуса, а местами (между карманами) достигает мощности 75 см. Плотная вязкая глина, сильно пристающая к лопате, бурая, с несколько ржавым и сизоватым оттенком, а местами с серовато-сизоватым оттенком (гумус), с мелкими, неясными ржавыми и сизоватыми пятнами, с огромными гнездами и концами карманов гумуса, окрашенными в сизовато-темно-серый цвет. В верхней части с  |       |

довольно частыми, мелкими (около 1 мм) зернышками орштейна, ниже переходящими в очень мелкие скопления (комочки) черного или бурого (железистого или марганцового) вещества. Вверху 10—15 см с прекрасно выраженной зернисто-мелкоореховатой структурой. Отдельности с глянцевитыми поверхностями, плотные и прочные. Ниже размер отдельностей увеличивается, горизонт становится комковатым, поверхности структуры окрашены несколько темнее, с сизоватым оттенком. Замечается некоторая плитчатость в сложении горизонта. Плитки 1—3 см, поверхности их сильно пригладены, без крупных и резких повышений и понижений. Слабопористый. При высыхании растрескивается по вертикали и горизонтали на призмовидно-комковатые отдельности. В верхней трети или половине окрашены гумусом несколько больше. Часто тонкие, нитевидные потеки гумуса по трещинам.

В<sub>2</sub>. Буро-желтый, окрашен желтее, светлее предыдущего, так как не имеет сизоватого оттенка, свойственного В<sub>1</sub>. С темными затекама гумуса (по трещинам), преимущественно в верхней части, и довольно частыми желтовато-белыми скоплениями и конкрециями (в главной массе — карбонаты), часто вытянутыми по вертикали (пятна от 0,5 до 5—10 см длиной), местами с очень частыми и очень мелкими примазками от буровато-темных комочков (рыхлые скопления железистого вещества). Тяжелый плотный суглинок, не пристающий к лопате. Разбит вертикальными трещинами, прекрасно разламывается по горизонтали на плитки от 1/4 см и толще; поверхности их глянцевитые, окрашены в более темный цвет с ясно-сизым оттенком. Помимо того, заметна ореховато-комковатая структура, причем книзу отдельности мельче. Конкреции СаСО<sub>3</sub> (0,5—2 см, редко больше) обтянуты снаружи рыхлым слоем того же вещества. Глубина вскипания 95—100 см.

Среди растительности, покрывающей такие почвы, встречаются в большом количестве кустарники *Salix repens*.

В описанных почвах можно явственно видеть процесс деградации солонца.

В Петропавловско-Кокчетавском районе Акмолинской области на пространстве между 54°30' и 51°48' с. ш., также в пределах подзон обыкновенного и южного черноземов, достаточно сильно распространены солонцы, солонцеватые почвы и солончаки. Солонцы приурочены к подножиям склонов и ко дну бывших озер.

Солонцы и солончаки имеют достаточно широкое распространение и в Омско-Кокчетавском районе, причем В. И. Искюль (1913) отмечает, что в области развития южного чернозема эти почвы занимают большую площадь, чем на севере района.

В Павлодарском уезде (подзона южного чернозема) М. И. Рожанец (1914) констатирует картину постепенного перехода от солончаков, которые всегда окружают все озера, через солонцы с карандашевидной отдельностью маломощного горизонта В<sub>1</sub> и со вскипанием с 20—25 см к глубокостолбчатым солонцам с резко

выраженным белесым горизонтом А<sub>2</sub> и темно-бурым или черноватым столбчатым горизонтом В<sub>1</sub>. Глубина вскипания понижается здесь до 35—41 см и приурочена к началу горизонта В<sub>2</sub>. «Есть также дальнейшие переходы к деградированным солонцам со сравнительно сильно пониженным вскипанием».

Больше других разностей развиты солонцы с маломощным горизонтом В<sub>1</sub>, залегающие как на равнинных плато, так и на склонах в виде пятен, иногда довольно крупных размеров. Чаще всего они, однако, встречаются в виде небольших круговинок. Глубокостолбчатые солонцы приурочены всегда к отрицательным элементам рельефа.

В средней части Обь-Иртышского водораздела, к югу от оз. Чаны, где вершины резко очерченных грив заняты черноземом, склоны, по свидетельству Д. А. Драницына (1914), покрыты столбчатым солонцом.

Западная часть Алтайского округа, обследованная А. И. Хаинским (1914) на протяжении между Ново-Николаевском и Коргонскими балками, в своей равнинной части богата солончаками и солонцами. Первые особенно распространены по межгривным и речным долинам северной части района (системы рек Бурлы, Кулунды). Тут структурные солонцы встречаются редко, по высокому склону грив. По-видимому, обилие солончаков в этой части района обуславливается очень высоким уровнем стояния грунтовых вод, благодаря чему поднятие воды по капиллярам почвы превалирует над процессами промывания почвы с поверхности.

В южной части района, особенно по среднему течению р. Кулунды, на первый план выступают слабоструктурные солонцы, часто занимающие дно межгривных долин. Вместе с ними пятнами располагаются солончаки, а по блюдцам — болотно-солончаковые почвы. Склоны грив покрыты хорошо выраженными столбчатыми солонцами.

В степной части Ачинского уезда, по данным К. К. Никифорова (1916), засоленные почвы встречаются очень редко и то преимущественно в южном районе. Чаще всего здесь попадаются пятна засоленных луговых почв, покрытых *Iris biglumis* (по сибирски, пикульник). Эти пятна наблюдаются обычно по долинам рек (Чулым). «Еще реже приходилось наблюдать структурные солонцы. Лишь одно пятно в степи, к югу от р. Чулыма (верстах в 15 на юго-запад от дер. Корелкино), характеризуется сильным развитием столбчатого солонца». Эти почвы залегают здесь пятнами от 2 до 8 м в диаметре. Их строение таково:

Мощность, см

А<sub>1</sub>. Темно-бурого цвета, довольно плотный. Ломается на компактные комки, но последние легко растираются в тонкоземлистый порошок . . . . . 7

А<sub>2</sub>. Светлый, серовато-бурый, слегка намечена слоеватая структура, рассыпчат . . . . . 3—4

- В<sub>1</sub>. Шоколадно-бурого цвета, почти черный. Призматические столбики от 3—5 до 6—7 см в диаметре. Грани их во влажном состоянии маслянисто-блестящи, почти черного цвета. При высыхании сильно сереет. Головки столбиков приплюснuto-овальные, присыпаны белесым порошком, сами серого цвета. Столбики очень плотны, но щелеваты, причем по щелям легко рассыпаются на острогранные комки, призмочки и пр. Грани и этих, более мелких, отдельностей блестящи . . . . . 10—12
- В<sub>2</sub>. Продолжение горизонта В<sub>1</sub>, но уже без признаков деления на призмы. Рассыпается на плотные, остросереберные куски . . . 6—8
- С<sub>1</sub>. Средний суглинок светлого, розовато-бурого цвета . . . . 9
- С<sub>2</sub>. Та же порода, но с обильной примесью щебенки. Вскипание наблюдается с глубины 20—22 см.

В южной части Минусинского уезда водораздел, ограниченный с одной стороны Енисеем, а с другой — Тубой и Амылом, в своей северной части представляет черноземную степь. Днища болот и пологие берега рек, по указаниям Н. В. Благовещенского (1914), заняты солончаками. Места наиболее засоленные покрыты выпцветами солей и редкими кустиками солянок, далее идет полоса, покрытая на более сухих местах *Artemisia maritima*, а на более сырых — *Glaux maritima* и *Plantago maritima*. Там, где количество солей еще понижается, а грунтовые воды все еще неглубоки, растет *Iris biglumis*. «Площади, занятые этим ирисом, тянутся иногда вдоль берега реки на несколько верст; он вытесняет всякую растительность, а если на такой площади строится деревня, то ирис, благодаря своей сильной корневой системе, продолжает все-таки расти во дворах и на дорогах».

Выше полосы солончаков располагается иногда полоса структурных солонцов, чаще всего *комковатых* (глибистых), но эта полоса обычно невелика и быстро сменяется черноземными почвами.

В Минусинском же уезде, к югу от р. Чулым, были произведены исследования Л. И. Прасоловым (1911, 1913). Район исследования занимает область депрессии среди Саян и Алатау. Здесь ясно выражена вертикальная зональность, доходящая до появления деградированных суглинков на более повышенных участках района. Среди черноземных пространств солонцы и солончаки не представляют редкости. «Солонцы распространены преимущественно в северной части района, в низких впадинах около оз. Джирим, около оз. Соленого у Кегунека и частью на склонах». Здесь находятся столбчатые солонцы на глинах и на щебне и корково-столбчатые солонцы. Прасолов полагает, что появлению солонцов благоприятствовала, между прочим, соленосность местных пород.

«Солончаки представляют здесь большею частью высохшие отдели озер или же пропитанные солью луговые почвы по краям сырых лугов. Иногда солевые корочки образуются даже на по-

верхности сырых болотистых почв, например около оз. Иткуль, около Бейбулука и др. Очень сильно развиты здесь и солончаковые луговые почвы с *Iris biglumis*. Особенно обширная полоса таких почв находится в надлуговой части долины Чулыма около улусов Баражюль, Монастырех, Батинского и Конгарова. В этом случае источником засоления надо считать постоянное испарение поднимающейся по капиллярам воды, которая пропитывает нанос на сравнительно небольшой глубине от поверхности».

Таковы картины распределения солончаков и солонцов в черноземной зоне Азиатской части СССР. Из приведенных данных достаточно ясно намечаются те отношения, в которых находятся указанные группы почв между собою: солончаки занимают обычно наиболее пониженные участки, выше которых располагаются солонцы. Там, где грунтовые воды настолько близки к поверхности, что поднятие грунтовой воды берет перевес над промыванием почвы поверхностными водами, солонцы развиваться не могут. Можно, однако, догадываться, что и для их развития необходимо поднятие солевых растворов к поверхности; недаром солонцы наиболее охотно ютятся на южных склонах, где нагревание почвы наиболее велико, а вместе с тем возрастает испарение и поднятие к поверхности растворов. Однако одного этого, по-видимому, недостаточно; нужны и еще некоторые условия, о которых скажем в конце статьи, где речь пойдет о генезисе структурных солонцов.

Из данных, относящихся к северной части Казахстана (подзоны обыкновенного и южного черноземов), видно, что и здесь еще продолжается та высокая степень засоленности грунтов, которая отзывается на большем развитии солончаков и солонцов в этой области по сравнению с такими же почвенными подзонами Европейской части СССР. В этом же направлении, вероятно, действует и большая континентальность климата, хотя последняя играет здесь, по-видимому, меньшую роль, чем засоленность грунтов.

На всем протяжении черноземной зоны, особенно в Западной Сибири и Казахстане, мы сталкиваемся с явлениями деградации солонцов, каковое отмечалось Т. И. Поповым (1914) и для черноземной зоны Европейской России (Воронежская губерния).

### КАШТАНОВАЯ ЗОНА

Переходим к каштановой зоне, которая была изучена экспедициями Переселенческого управления по преимуществу в своей южной части, хотя некоторыми исследователями захватывались и самые северные границы каштановой зоны.

Одним из районов, принадлежащих северной части зоны, подзоне *темно-каштановых* почв, является район Купмурунской волости Петропавловского уезда Акмолинской области, исследованной Л. В. Абутьковым (1910).

В пределах означенного района наиболее однотипичный почвенный покров наблюдается на водоразделах между Обоганом и Кундуздой, между Кундуздой и Кайбогаром и, наконец, в южной части района. Здесь солончаки и солонцы очень мало развиты. Двигаясь на север, наблюдаем возрастание количества котловин, а с ними солонцов и солончаков. Пониженные части впадин заняты заболоченными и луговыми почвами, в большей или меньшей степени засоленными, по краям же западин располагаются столбчатые солонцы, а еще выше — солонцеватые и слабосолонцеватые почвы. Из структурных солонцов отмечаются *глубокостолбчатые* и *корковые*. И те и другие встречаются рядом, причем корковый обыкновенно приурочен к слабо приподнятым местам (бугоркам), а глубокостолбчатый располагается на склонах бугорков и между бугорками. На корковом солонце растет почти исключительно *Artemisia pauciflora*, а на столбчатом — *Artemisia maritima*, *Statice Gmelini*, *Festuca sulcata* и пр. Глубокостолбчатые солонцы имеют мощность гумусовых горизонтов до 50 см, вскипание начинается с 16 см частичное, а с 22 см — общее и сильное.

Что касается корковых солонцов, то некоторые их разновидности отличаются от глубокостолбчатых только мощностью горизонта А, который представлен сильно обесцвеченной массой и имеет толщину не более 5 см. У других разновидностей, обладающих такой же коркой, горизонт В<sub>1</sub> характеризуется слабо выраженной столбчатостью, а горизонт В<sub>2</sub> — рыхлый; глубже наблюдается переход в рыхлую, пухлую соленосную глину. Последняя разновидность корковых солонцов вскипает сильно уже с глубины 13 см. Развивается она на бугорках с ровной, как бы срезанной верхушкой.

В более южных частях каштановой зоны большие площади были охвачены исследованиями в пределах Уральской и Тургайской областей. Б. А. Скалов (1909), изучавший среднюю часть Тургайско-Уральского района, дает, между прочим, почвенную картину этого района, на которой показаны огромные площади солонцеватых и солончаковых почв, к сожалению, не разграниченных друг от друга. В тексте же работы такое разграничение сделано, и отдельно описаны *солонцы структурные* и *солонцы бесструктурные*, т. е. *солончаки*.

Структурные солонцы Тургайско-Уральского района располагаются или на ровных степных пространствах, или на пониженных элементах рельефа.

«В случае более значительной концентрации солей, когда почва остается почти голой или покрыта лишь крайне угнетенной, свойственной структурным солонцам, растительностью, мощность верхнего горизонта почвы очень незначительна; он принимает иногда вид корки. При меньшей концентрации солей и свободном развитии растительности глубина первого, верхнего слоя более значительна». Иначе говоря, здесь, как и всюду, наблюдаются *корковые* и *глубокостолбчатые* солонцы, причем первые богаче рас-

творимыми солями, чем последние. Горизонт В<sub>1</sub> отличается более темной, темно-каштановой или бурой окраской и резко выраженной столбчатой структурой. Столбики толщиной от 2—3 см плотно прижаты друг к другу. Поверхность их блестящая. Мощность горизонта В<sub>1</sub>—13—18 см, понижаясь иногда до 9 см, а иногда повышаясь до 22 см. Материнской породой структурных солонцов бывают суглинки, глины, глинистые пески, мел и даже кристаллические породы. У солонцов на мелу горизонт В<sub>1</sub> имеет не столбчатую, а комковато-зернистую структуру.

Солончаки очень широко развиты в Тургайско-Уральском районе, приурочиваясь исключительно к пониженным пространствам, где или близки к поверхности грунтовые воды, или скопляются значительные количества атмосферных вод. Соли выкристаллизовываются на поверхности солончаков в виде налета, корочки или в виде белого порошка, слой которого иногда достигает толщины 1,5 см. Берега рек и озер также сопровождаются солончаками. По высыхании озера на поверхности кристаллизуются соли, получается засоленный нанос (по-киргизски, сор). Достаточно распространены *такыры* с плотной гладкой поверхностью и *батпаки* — соленые трясины с затвердевшей поверхностью.

На солонцах Тургайско-Уральского района довольно подробно останавливается Ф. И. Левченко (1909), характеризующий почвы Сары-Муинской впадины второй Наурзумской волости Тургайского уезда. Эта впадина, примыкающая к озерным бассейнам, сплошь занята почвами солонцового и солончакового типов. Типичные глубокостолбчатые солонцы автор описывает по окраинам котловин, занятых *темноцветными* почвами. Морфология их такова:

Мощность, см

А. Сложение слоеватое, ясно заметное в верхней части, в нижних  $\frac{3}{4}$  слоеватость заметна только при внимательном рассматривании; цвет серовато-палевый, книзу делается белесоватым; с углублением белесоватость увеличивается. На глубине 20 см принимает цвет золы, слоисто сложенный; мощность этого зольного прослойка 5 см. Постепенно переходя кверху в верхний серовато-палевый горизонт, этот зольный прослойк резкой линией ограничивается от нижележащего горизонта В<sub>1</sub> . . . . . 25

(А<sub>1</sub> — 20, А<sub>2</sub> — 5)

В<sub>1</sub>. Вертикально трещиноватый; трещинами делится на ряд вертикальных многогранных столбиков длиной 12—14 см. В верхней части столбики отклонены друг от друга, книзу сходятся вплотную. Верхушки столбиков закруглены и присыпаны зольной пылью горизонта А<sub>2</sub>. При разламывании столбики рассыпаются на остроугольные комки, очень прочные, с блестящими глянцевитыми поверхностями излома, цвет буро-коричневый.

В<sub>2</sub>. Сложен плотно, при копании распадается на комки, цветом чуть светлее предыдущего, пестрый от пятен углекислой извести. С кислотой вскипает бурно . . . . . до 19

С. Серовато-желтая глина с зеленоватым оттенком. Слабо пестрит-ся стяжениями углекислой извести; вверху их больше, чем внизу. С кислотой вскипают как стяжения, так и основная глинистая масса.

На плато среди супесчаных почв глубокостолбчатые\* солонцы развиваются на каолиновых глинах.

Отмечая условия залегания столбчатых солонцов, Левченко говорит, что они приурочены к элементам рельефа, характеризующимся легкой покатостью. «В частности, глубокостолбчатые солонцы всегда окаймляют собой границы почв западин, отмечая относительные высотные точки, за пределами которых образование этих почв в данном пункте идти не может».

«Ближе к системе озер, где мягкие очертания рельефа сообщают местности характер пониженной предозерной равнины, столбчатые солонцы изменяют свое топографическое положение, перемещаясь на наиболее повышенные участки». В этом последнем случае солонцы несколько меняют свой облик, давая такую картину строения:

Мощность, см

А. Белесовато-серый, слоисто-пластинчатый; при растирании легко рассыпается в мучнистый порошок. Книзу от 4 см (подгоризонт  $A_2$ ) постепенно светлеет, принимая вид золы . . . . . 8

В. Буро-коричневый; вертикальными трещинами делится на ряд отдельностей (столбиков), в диаметре 2—4 см. Столбики вверху овально закруглены и присыпаны белесой мукой верхнего горизонта. При разламывании легко распадаются на комки с блестящими жирными плоскостями излома. Отличаются от аналогичных образований предыдущего разреза большей рыхлостью, легкостью распада на составляющие их элементы — комки, имеющие не ребристую форму, а приближающуюся к шаровидной . . . . . 24

С. Серо-желтый, глинистый, плотно сложенный. В верхней части (32—37 см) вскипает, хотя видимых признаков  $CaCO_3$  нет. Ниже 37—40 см начинается слой, пестрящий выцветами солей, которые скопляются в виде гнезд и прожилок, в большом количестве. С этой глибины слой влажный; кристаллы солей с кислотой вскипают слабо или вовсе не вскипают, основная же глинистая масса сильно вскипает.

На расстоянии 1 версты от оз. Джаркуль записан такой разрез:

Мощность, см

А. Пылевая корочка белесоватого цвета . . . . . 6

В<sub>1</sub>. Окрашен в более темный цвет (коричневый). С неправильно очерченной и не резко выраженной столбчатостью. При выбрасывании распадается на мелкие комки. Комки непрочны, легко растираются в порошок . . . . . 19

В<sub>2</sub>. Только гумусовые примазки и потеки, проходящие этот горизонт, постепенно ослабевая книзу, заставляют отнести его к горизонту В . . . . .

35

В<sub>3</sub>. Серовато-желтого цвета, пестрый от выцвета солей. Местами количество последних столь велико, что слой кажется белым. Преобладают ясно кристаллические соли.

Все горизонты, за исключением А, кажутся влажными.

Наконец, встречаются такие переходные к солончакам формы солонцов, у которых столбчатый горизонт почти совсем атрофирован; «о нем намекает только ясно выраженный мелкокомковатый слой мощностью 1—2 см, скрытый под тоненькой корочкой палевого цвета». На поверхности этой корочки никогда не наблюдается солевых выцветов, изредка лишь едва заметные налеты солей.

Последние почвы занимают слегка вдавленные макушки бугорков, разбросанных густо по поверхности. По скатам таких бугорков расположены столбчатые солонцы, а западины между бугорками заняты темноцветными почвами. Последние, как это выяснено Н. Д. Емельяновым для окрестностей Сарепты, должны быть отнесены к группе солонцеватых почв с глубоким залеганием уплотненного горизонта.

На подошвах и южных крутых скатах восточной возвышенности, приурочиваясь к плоскостям наибольшего уклона, залегают *корково-столбчатые солонцы*, у которых на глубине 30—40 см от поверхности наблюдаются громадные включения гипса.

Что касается *солончаков*, то таковые располагаются по берегам озер и выполняют бассейны мелких высохших озер. На поверхности их лежит корка снежно-белых солей от 1 до 3 см мощностью. Две высохшие озерные котловины Наурзумского бора дают корки резко различного состава: в одной резко преобладают серная кислота с незначительной примесью хлора, а в другой — почти исключительно хлор.

Среди солончаков Сары-Муинской низины особо стоят *луговые солончаки*. Они часто залегают большими сплошными площадями, но входят и в состав комплексов с некоторыми разностями столбчатых солонцов. Строение луговых солончаков представлено следующим разрезом:

Мощность, см

А<sub>1</sub>. Темно-серый с белесоватым оттенком. Войлочно задерненный переплетающимися густыми корнями травянистой растительности. Корнями крепко привязан к горизонту В . . . . .

8

В<sub>1</sub>. Темнее предыдущего, черноземовидный. Вертикальными трещинами разбит на ряд отдельных длиной 30 см, шириной 8 см, связанных между собою переплетающимися корнями растений. При разламывании отдельности распадаются на округленные комки различной величины; корнями растений комки связаны в гроздь. Горизонт этот

уже с поверхности вскипает с кислотой и покрыт выцветами солей в виде гнезд и пятен, количество которых книзу увеличивается. Окраска горизонта постепенно слабеет. Снизу, в виде языков и лент, заходит нижележащая глина серо-желтого цвета . . . . . 22

В<sub>2</sub> — С. Грязновато-желтая глина, пропитанная кристаллами солей; вскипание последних значительнее в верхней части горизонта, чем в нижней.

Среди таких солончаков изредка попадаются и столбчатые солонцы.

Ко всему сказанному нужно прибавить, что в описываемом районе, как и вообще в южной части каштановой зоны, встречается огромное количество *солонцеватых* и *слабосолонцеватых* почв. Можно сказать, что почвы несолонцеватые (светло-каштановые) играют тут совершенно подчиненную роль.

Самым южным районом исследования Тургайской области была часть Тургайского уезда, расположенная между 48 и 50° с. ш. (32—36° в. д.).

М. В. Яхонтов (1916), проехавший в Тургай от ст. Челкар Ташкентской железной дороги по почтовому тракту Челкар — Иргиз — Тургай, отмечает особую пустынность района, прилегающего к западной границе уезда. Почвы здесь преимущественно солонцы или солонцеватые, растительность тощая, состоящая из кокпека, черной полыни, солянок. Также безжизненным является пространство от Атбасарского уезда к Перовскому тракту, южнее р. Коргомы, расположенное приблизительно по 48-й параллели. Почвы здесь сплошь солонцеватые или солонцы; изредка встречаются участки со слабосолонцеватыми почвами. Даже и в пределах супесчаных пространств солонцеватость выражена совершенно определенно. Слабосолонцеватые почвы в виде отдельных полос и пятен попадаются лишь в западной части уезда, доходя с севера до р. Тургая. Они приурочиваются к легким супесчаным породам. Несколько больше их распространение в восточной части уезда, по р. Сары — Тургай и дальше, к границам Атбасарского уезда.

Исследования Г. М. Тумина (1910) в Атбасарском уезде Акмолинской области, около 50° с. ш., показали, что здесь имеют чрезвычайно широкое распространение солонцы, солонцеватые и слабосолонцеватые почвы. Солончаки и несолонцеватые каштановые почвы очень мало развиты. Солонцы встречены здесь *столбчатые* и *призматические*. Ширина структурных отдельных горизонтов В<sub>1</sub> измеряется 3—8 см, понижаясь иногда для столбчатых отдельных до 1,5 см. Высота тех же отдельных чаще всего 10—15 см. При малой ширине отдельных и высота их уменьшается до 3—4 см, т. е. появляются карликовые отдельные. Мощность горизонта А сильно колеблется, причем амплитуда колебаний у столбчатых солонцов больше, чем у призматических. Так, у первых наблюдаются колебания от 1 до 24 см,

у вторых — от 1 до 10 см. Чаще всего мощность горизонта А не превышает 3—8 см. Сложение горизонта А чаще всего слоистое, иногда скрытослоистое (в нижней части горизонта). Реже наблюдается ячеистое сложение, иногда чередующееся со слоистым и скрытослоистым. Горизонт А в большинстве случаев окрашен однородно; реже выделяется А<sub>2</sub> с белесой окраской.

*Солонцеватые* почвы по характеру горизонта В делятся на призмвидные и комковатые. Мощность горизонта А колеблется от 1 до 19 см (чаще 5—12 см), а сложение его редко бывает однородно, например слоистое; чаще наблюдается чередование слоистости со скрытой слоистостью, а иногда и с неясной зернистостью. Окраска горизонта А изменяется книзу от сероватых тонов к буроватым. Белесый горизонт А<sub>2</sub> встречается очень редко: он наблюдается только у солонцеватых почв палин с луговой растительностью и зарослями таволжанника.

*Слабосолонцеватые* почвы имеют комковатый горизонт В. Мощность горизонта А колеблется от 6 до 20 см (чаще 10—17 см). Сложение горизонта А неоднородное в различных частях (слоистое, плотноватое со скрытой слоистостью, неясно зернистое).

«Что касается *солончаков*, то у одних из них присутствует солевая корка, у других солевой корки нет, а есть на поверхности солевой налет, наконец, у третьих нет ни того, ни другого».

Переходы от солончаков к солонцам наблюдаются на берегу оз. Денгиз и заключаются в следующем: у самого озера расположены солончаки, выше идут солонцеватые почвы с большой засоленностью, за ними солонцы, затем солонцеватые почвы со слабой засоленностью и, наконец, слабосолонцеватые почвы (выход на плато).

«По мере приближения к солончаку солевой горизонт (SO<sub>3</sub>, Cl) у столчатого поднимается все выше и выше. Когда он поднимается до 15—20 см, то солонец замирает и переходит в солонцеватую почву». При этом, приближаясь к солонцеватой почве повышенного засоления, солонец получает карликовые отдельности горизонта В<sub>1</sub>.

Несколько южнее района, обследованного Туминым, в том же Атбасарском уезде располагается территория, обследованная Л. В. Абутьковым (1911), в состав которой входит и степь Ак-Дала. Район вообще лежит еще в южной части каштановой зоны, близ перехода в бурюю.

Материнскими породами степи Ак-Дала являются известковые песчаники, которые, выветриваясь, дают красно-бурые и красные суглинки, в большей или меньшей степени щебневатые.

В почвенном покрове господствующими являются слабосолонцеватые почвы, на солнечных же склонах и на волнистых местах вершин появляются засоленные почвы. Солончаки сплошными полосами встречаются по берегам рек и низовьям лугов, отдельные

же пятна, в комплексе с солонцами, приурочиваются к западинам и плоским замкнутым вдавлениям. Солонцы по долинам среди солончаков принадлежат к *корково-комковатым*, а от них наблюдаются переходы как в сторону *корково-столбчатых* солонцов, так и *солончаков*.

Район сплошного исследования, располагающийся между 49 и 50° с. ш., представляет приподнятую возвышенность с сильно расчлененным и холмистым рельефом. Наибольшие высоты на юге района достигают 792,2 м, наименьшие (на севере) — 372,6 м.

Материнскими породами являются граниты, конгломераты, песчаники и известняки. Реже встречаются порфириды, сланцы и пестроцветные соленосные глины.

Солонцы и солончаки занимают в районе большие пространства. У солончаков на поверхности наблюдаются солевые корки. Встречаются, кроме того, луговые солончаки с куртинками чия и *пухлые* солончаки. Мокрые солончаки с луговой растительностью располагаются по долинам рек и равнинам, образуя нередко большие площади, но развиваются также на вершинах и у подошв гор, где есть нажим грунтовых вод. Солончаки с мясистыми солянками лежат по берегам соленых озер и на дне высохших озер, а иногда занимают и замкнутые вдавления равнинных участков района.

Структурные солонцы захватывают огромные площади, распространяясь не только по долинам и равнинам, но и по горным площадям, приурочиваясь преимущественно к солнечным склонам. Встречаются глубокостолбчатые, корково-столбчатые и близкие к последним разности. Особенно интересны каменистые солонцы горных возвышенностей, покрытые редкой солонцовой растительностью (*Nanophyton erinacium*, *Atriplex canum*, *Artemisia rauciflora* и пр.).

На соленосных глинах развиваются солонцовые почвы следующего строения: сверху лежит потрескавшаяся слоистая корка в виде черешка. Она окрашена в желтый цвет и легко разминается в порошок; мощность ее 1 см. Глубже идет горизонт более плотный, но все же легко распадающийся в порошок, ясно слоеватый и слагающийся из линзообразных отдельностей. Книзу структурные элементы увеличиваются в размерах и принимают форму выпуклых плиток. Почвенная масса уплотняется и переходит в плотную твердую глину буровато-красного цвета. Вскипание сверху, общее и слабое. С глубины 42 см порода влажна.

Еще южнее, на границе каштановой и бурой зон, расположен район Акмолинской области, между реками Кон и Сары-Су, обследованный А. Стасевичем (1909). Почвы этого района отличаются резко выраженной комплексностью. Чаще всего встречается четырехчленный комплекс, состоящий из *солонцеватых* почв, *глубокостолбчатых солонцов*, *корковых солонцов* и *темноцветных солонцеватых* почв западин, иногда деградированных.

## Солонцеватые почвы имеют такую морфологию:

	Мощность, см
А <sub>1</sub> . Светло-серого цвета с палево-коричневым оттенком. Порист, хрупок, растирается в пыль с песком, постепенно переходит в А <sub>2</sub>	1—2
А <sub>2</sub> . Светло-серого цвета с коричневым оттенком, горизонтально-слоеват. Верхняя поверхность каждого слоя светлее, чем нижняя. Легко разминается в руках и приобретает пороховидную структуру. Постепенно переходит в следующий . . . . .	9
А <sub>2</sub> — В <sub>1</sub> . Коричневого цвета; разбит вертикальными трещинами и в то же время имеет тенденцию делиться по горизонтальным плоскостям. Заметна разница окраски поверхностей излома . . . . .	9
В <sub>1</sub> . Коричневого цвета; разбит вертикальными трещинами, стенки которых окрашены немного темнее — в буроватый цвет. Груб, плотен	19
В <sub>2</sub> . Разбит постепенно исчезающими вертикальными трещинами, к низу становится песчанитее . . . . .	20
С. Грязно-коричнево-желтый глинистый песок. Почва вскипает на глубине 50—66 см.	

Морфология глубокостолбчатых солонцов более или менее одинакова, но по положению солевых выделений здесь можно обособить две разности: в одной, чаще встречающейся, сульфаты лежат ниже карбонатов, иногда очень глубоко, в другой прожилки сульфатов лежат выше карбонатных стяжений, хотя вскипание и у этой разности наблюдается выше сульфатного горизонта. Приведем описание разреза второй разновидности солонца.

	Мощность, см
А <sub>1</sub> . Светло-серого цвета, сильно порист, хрупок, растирается в пыль с песком. Постепенно переходит в А <sub>2</sub> . . . . .	2—3
А <sub>2</sub> . Такого же цвета, резко горизонтально-слоеват. Мощность слоев $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ мм. Заметна разница в окраске поверхностей слоев. Хрупок, растирается в пыль с песком. Постепенно переходит в А <sub>3</sub> . . . . .	5
А <sub>3</sub> . Светло-серого цвета с белесовато-бурым оттенком, грубо горизонтально-слоеват. Мощность слоев до 2—3 мм. Гораздо жестче, чем предыдущие горизонты. Резко по структуре и цвету отделяется от В <sub>1</sub> . . . . .	3
В <sub>1</sub> . Темно-бурого цвета, плотен, жесток. Состоит из столбчатых отдельных с белесоватыми головками. С головок можно снимать толстые, в 3—4 мм, комочки и плитки белесовато-бурого цвета. Столбики, боковая поверхность которых темнее внутренних частей, распадаются на отдельные меньшей величины, которые, в свою очередь, разламываются на орехи . . . . .	17
В <sub>2</sub> . Содержит вертикальные трещины, спускающиеся из горизонта В <sub>1</sub> . Ореховат, влажен . . . . .	15
С. Грязно-желтый суглинок, влажен. На глубине 120 см становится песчанистым.	
Почва вскипает слабо с 30 см. От 39 см начинаются конкреции	

$\text{CaCO}_3$ , которые со 120 см сильно уменьшаются в числе и величине. С 36 см начинаются прожилки сульфатов, которые со 120 см также сильно уменьшаются и на 135 см исчезают.

В типичных случаях горизонт А глубокостолбчатых солонцов имеет мощность 10—12 см, иногда доходит до 15 см. В нетипичных разностях наблюдались величины в 25 и даже 30 см. Столбчатые отдельности горизонта В имеют поперечник до 10 см, но распадаются на столбики меньшей величины.

Среди столбчатых солонцов, лежащих среди плоских понижений, у озер, наблюдаются некоторые отклонения в морфологии по сравнению с упомянутыми типичными случаями. «В типичных случаях на участках, занятых глубокостолбчатым солонцом, посередине или эксцентрично, находятся неглубокие, резким уступом пониженные, но почти совершенно плоские вдавливания и луночки диаметром в 2—5 сажен, занятые *корковыми* солонцами, а на участках с солонцеватыми суглинками — пологие, но более глубокие западины с темноцветными почвами». Глубина луночек 2—4 см, а пологих западин 5—10 см, а изредка и гораздо больше.

В четырехчленном комплексе солонцеватые суглинки и глубокостолбчатые солонцы занимают каждый 40—45% площади, а на долю корковых солонцов и несолонцеватых почв приходится по 5—10%.

Приблизительно в тех же широтах, как и район исследований А. Стасевича, располагается территория, обследованная В. И. Искулем (1916) в северо-восточной части Акмолинского уезда ( $52^{\circ}10'$ — $48^{\circ}20'$  с. ш.). Район представляет мелкосопочную, частью холмистую возвышенность с несколькими горными группами. Лежит у границы перехода из каштановой зоны в бурую. Почвенный покров чрезвычайно пестрый благодаря пестроте рельефа, характеру материнских пород и пр. Комплексность почвенного покрова выражена определенно, но на характере местных солонцов и солончаков исследователь, к сожалению, в своем предварительном отчете не останавливается.

В пределах Семипалатинской области южная часть каштановой зоны была исследована в разных местах. Г. М. Туминым (1911) были изучены части Каркаралинского уезда, охватывающие центральную часть Иртыш-Балхашского водораздела (широта  $49^{\circ}$ ) и часть скатов от водораздела к северу, до широты  $50^{\circ}$  (между долготами  $47$  и  $48^{\circ}$ ) и к югу до широты  $48^{\circ}30'$  (между долготами  $46$  и  $47^{\circ}$ ). Рельеф района сопочный; высота вершин чаще всего около 400 сажен. Скаты к Иртышу — 200—300 сажен, к Балхашу — около 300 сажен. Сопки каменисты, а долины сложены лёссовидными суглинками с большим или меньшим количеством щебня.

В почвенном покрове преобладают слабосолонцеватые почвы со слоистым горизонтом  $A_2$  мощностью до 10 см. Вскипают они на глубине 20—40 см, а на глубине 50—60 см имеют гипсовый

горизонт. На склонах к Иртышу и Балхашу вскипание повышается. Кроме этих почв встречается другая разновидность слабосолонцеватых почв, у которых в горизонте А преобладает зернистое сложение. В разрезе эти почвы дают такую картину:

Мощность, см

А. До 2—5 см имеет слоистое сложение, а глубже (10—25 см) слабо выраженное зернистое. Верхняя (слоистая) часть характеризуется более сероватым оттенком, чем нижняя. Переход в следующий горизонт постепенный . . . . .	25
В <sub>1</sub> . Более уплотненный, чем горизонт А. . . . .	20—25
В <sub>2</sub> . Окрашен светлее предыдущего, с углублением плотность ослабевает . . . . .	30

Такие почвы обыкновенно вскипают с поверхности или неглубоко от поверхности и залегают на красных или сероватых глинах.

Наряду со слабосолонцеватыми почвами в районе встречаются солончаки, солонцы и солонцеватые почвы. Несолонцеватые почвы редки и приурочены к верховьям долин, логам, концам скатов, обращенных на север и пр. «Солонцы и солонцеватые почвы по характеру горизонта А распадаются на те же два ряда, что и слабосолонцеватые почвы. По богатству содой солончаки и солонцы образуют две группы: у одной соды мало, у другой, приуроченной к верховьям речных долин, по контакту луговой части долины со степной частью, соды много».

Исследованиями М. И. Рожанец (1916) в пределах Семипалатинской области были захвачены юго-западная часть Павлодарского уезда (к югу от 51° с. ш.) и северо-западная — Каркаралинского, до 48-й параллели.

Район характеризуется развитием мелкосопочника, т. е. состоит из невысоких холмов и увалов, разделенных продольными и поперечными долинами. Материнские породы очень часто содержат щебень и гальку, и только в северо-западной части района до глубины 2 м скелетных частей не наблюдается.

Ввиду чрезвычайной сложности рельефа данного района почвенный покров отличается необычайной пестротой; проявляется, между прочим, и вертикальная зональность почв.

Солонцеватые, слабосолонцеватые почвы и солонцы приурочиваются обычно к степным долинам, причем замечено, что солонцы привязаны к выходам палево-желтых или беловатых тонких глин, представляющих продукты выветривания твердых пород. В этом случае солонцы лежат на одном уровне со слабосолонцеватыми или даже несолонцеватыми пятнами. Чаще солонцы, вкрапленные пятнами в основной фон степных долин, занимают микрорельефные впадины. Количество солонцовых пятен вырастет по мере приближения к речке, где комплексная степь сменяется солончаковатыми, в частности, иногда лугово-карбонатными почвами. Вообще же солонцы, встречающиеся в районе, принадлежат к группе призматических, комковатых и корково-столбча-

тых. Последние располагаются на пологих склонах к речкам и на выходах красно-бурых глин в области бурых почв.

Из группы солончаковатых почв наблюдались солончаки вокруг соленых озер с *Iris biglumis* и солянками, солончаковые почвы вдоль речных долин с зарослями чийи и карбонатно-луговые (солончаковые) почвы вдоль рек, в пределах горных массивов.

Южная часть Семипалатинского уезда была обследована А. И. Хаинским (1916). Этот район «представляет страну с переходным характером от Алтайских гор с их отрогами к великой Западно-Сибирской равнине». Исследователь различает здесь несколько почвенных комплексов, а именно: по восточной и южной границам уезда — южный черноземно-солонцовый комплекс, далее от гор — переходный темно-каштаново-солонцовый и, наконец, светло-каштановый комплекс. Как ясно из предыдущего, в данном районе действуют законы вертикальной зональности.

В первом комплексе строение структурных солонцов носит определенный южночерноземный характер. Здесь нет темноцветных солонцов с резко выраженной столбчатой отдельностью, с белесоватым горизонтом  $A_2$  и другими признаками, свойственными подзоне среднего чернозема. Строение этих солонцов может быть представлено следующим разрезом:

Мощность, см

A<sub>1</sub>. Поверхность покрыта рыхлой коркой темно-серого цвета, которая содержит массу мелкой гальки. В корке заметна листоватая структура и много пор. Вся корка тесно связана со следующим горизонтом и не отделяется от него.

A<sub>2</sub>. Дернистый, довольно плотный горизонт темно-бурого, местами черно-бурого цвета, комковато-зернистой структуры . . . . . 9—10  
(A<sub>1</sub>+A<sub>2</sub>)

B<sub>1</sub>. Темно-бурого цвета с неустойчивой глыбисто-столбчатой структурой. Отдельности легко распадаются на остросребристые комки. Весь горизонт разбит трещинами по разным направлениям . . . . . 18

B<sub>2</sub>. Сплошной однородный горизонт большой твердости, желто-бурого цвета. Содержит много беловато-серых пятен с выделениями солей. 22

C. Щебенка сланцев и кварцитов. От 55 до 80 см от поверхности щебенка покрыта серым налетом солей, особенно на нижней поверхности более крупных обломков. Вскипание с 26—29 см.

В темно-каштановом комплексе, по речным долинам, расположены часто солончаковатые луга. Наряду со структурными глыбисто-столбчатыми солонцами, встречающимися в предыдущем комплексе, здесь формируются корково-призматические солонцы следующего строения:

Мощность, см

A<sub>1</sub>. Поверхностная корка серого цвета, разбита трещинами на многогранные плиточки. Корка имеет слоеватое сложение и пронизана порами . . . . . 2

A<sub>2</sub> — B<sub>1</sub>. Весь горизонт состоит из хорошо очерченных призматических отдельностей, ограниченных друг от друга трещинами. Каждая призмочка имеет слоистое сложение; слои легко отделяются и снимаются руками в виде многогранных дисков. Каждый диск, в свою очередь, построен из тонких листочков. Поверхностная корка тесно связана с призмами, а ее трещины соответствуют трещинам между призмами. Цвет горизонта темно-серый . . . . . 10—11

B<sub>1</sub>. Трещинами, продолжающимися из вышележащего горизонта, разбит на многогранные призмы, причем величина призм возрастает с глубиной. Слоистость не замечается, хотя призматические отдельности довольно легко разламываются в горизонтальном направлении. Цвет горизонта буровато-серый . . . . . 10—20

B<sub>2</sub>. Желто-бурого цвета, однородный, довольно рыхлый, слегка влажен. Заметны мелкие пятнышки солей . . . . . 29

B<sub>3</sub>. Отличается обильным скоплением кристаллических солей и массой беловато-серых карбонатных пятен . . . . . 40—42

C. Желто-бурая глина с песком. Содержит гнезда кристаллических солей.

Вскипание с 12 см по всем горизонтам.

В светло-каштановой подзоне, по глубоким и узким долинам ручьев и речек, летом высыхающих, отмечены довольно мощные лугово-солончаковые почвы черно-бурого цвета. По мере расширения речных долин луговые почвы уступают место солончакам и солончаковым лугам, покрытым преимущественно чием. На микрорельефных повышениях среди солончаковых лугов встречаются почвы, у которых структурный горизонт (B) выражен достаточно определенно и имеет довольно устойчивую глыбисто-столбчатую структуру; он окрашен в темно-бурый цвет.

Наиболее распространенная из мокрых солончаков разность светло-каштановой подзоны имеет такую морфологию:

Мощность, см

A<sub>0</sub>. Тонкий пухлый налет солей белоснежного цвета, толщиной несколько миллиметров, покрывает всю поверхность. Не вскипает.

A<sub>1</sub>. Буровато-серого цвета, рыхлый и пористый. Не вскипает . . . 9

B. Желто-бурого цвета, влажный и вязкий. Содержит ржаво-бурые пятна . . . . . 64

C. Крупнозернистый песок желто-бурого цвета. Пронизан серыми и ржаво-бурыми полосками. Вскипание с 16 см.

Западные и южные части Зайсанского уезда были обследованы Л. И. Прасоловым (1916). Этот уезд представляет обширное понижение, обрамленное со всех сторон горами, иногда довольно высокими. Поэтому понятно, что здесь достаточно резко выражена вертикальная зональность, причем в состав почвенных зон

входят не только черноземные, но и горно-луговые почвы. Равнина выполнена почвами каштановой и бурой зон.

«Степи на каштановых суглинках,— говорит исследователь,— везде сопровождаются полосами солонцов, солончаков или солончаковых лугов. Последние занимают днища высыхающих впадин, где скопляются соли при испарении временных водоемов, или окаймляют сырые луга, которые встречаются здесь в местах разливов речек и ключей, или еще образуются около выхода грунтовых вод на поверхность. Солонцы же, в виде характерных пятен, постоянно встречаются на периферии солончаков, исчезая по мере повышения склонов. Нередко засолены наплавы глин на шлейфах крутых откосов или даже голые каменистые склоны. Но на равнинах, лежащих вне действия грунтовых вод и вне мест, затопляемых разливами, солонцы здесь не встречаются».

«Наибольшее распространение чиевых солонцеватых и солончакватых лугов приурочивается к низовьям более значительных речек, текущих с высоких гор, тогда как у меньших речек под Монраком чиев совсем мало. Полоса их прерывается также там, где к Зайсану подходят размытые остатки третичных отложений, как к западу от почтового тракта, где почвенный покров принимает опять комплексный характер с большим количеством солонцов».

В том же Зайсанском уезде была обследована Л. В. Абутьковым (1909) долина р. Кальджира. Если оставить в стороне предгорную полосу с ясно выраженной вертикальной зональностью, то большая часть района будет представлять собой равнину. Эта равнина чрезвычайно богата солончаковыми и солонцовыми почвами. Из первых широким распространением пользуются луговые солончаковые почвы, покрытые чием, но кроме них встречаются различные формы мокрых солончаков и переходы к столбчатым солонцам. Структурные солонцы располагаются среди солончаковых почв по вершинам гряд и сопок, склоны которых заняты солончаками на красноцветных глинах. Солонцы встречаются призмевидно-комковатые и корковые. Первые имеют горизонт А мощностью до 8 см, который вверху имеет ячеистое сложение, в средней части пористое, а в нижней слоистое. Горизонт В разбит вертикальными трещинами, идущими до глубины 24—30 см, на мощные призмевидные отдельности шириной в 10—15 см. С глубины 30 см трещины исчезают, и горизонт становится комковатым, более светлым и переходит в материнскую породу — синеваато-серую глину.

У корковых солонцов горизонт А<sub>1</sub> превращается в ячеистую корку мощностью в 1, 1,5 и до 3 см, прочно припаянную к глубже лежащему горизонту (В). Последний окрашен в красно-бурый цвет и разбит слабо обозначенными вертикальными трещинами на неясно выраженные столбчатые отдельности, которые легко распадаются на твердые комки. Трещины и столбчатость выражены до глубины 10 см, а глубже почва получает слабокомковатую

структуру, светлеет и переходит в ярко-желтую глину, очень рыхлую, во влажном состоянии вязкую и пропитанную солями. Скопления солей, в виде часто правильно расположенных жилок и лжегрибницы белого цвета, идут с глубины 15 см. Общая мощность гумусовых горизонтов 33—35 см.

Вообще же, по данным Абутькова, наиболее типичными и распространенными почвами равнины являются: 1) солончаковые песчаные и песчано-глинистые темноцветные почвы; 2) темноцветные глинистые и песчано-глинистые луговые почвы (типа мокрых солончаков); 3) столбчатые солонцы; 4) мокрые корково-столбчатые солонцы; 5) мокрые корковые солонцы; 6) пухлые солончаки; 7) бесструктурные мокрые солончаки; 8) мокрые луговые слабосолончаковые почвы; 9) солончаковые щебенчатые глинистые пески; 10) рыхлые засоленные пески с корковыми солонцами.

По восточную сторону Алтая каштановая зона была охвачена исследованиями в пределах Минусинского уезда, по обе стороны р. Абакан, левого притока Енисея. По данным А. Стасевича (1911), район слагается из горного участка (высшие точки 898 и 917 м), холмистой степи и равнинной степи. Наиболее распространенными материнскими породами являются суглинки, суглиносупеси и глинистые пески.

В равнинной степи, расположенной между Енисеем, Абаканским понижением и холмистой степью левого берега Абакана, развит комплекс из каштановых почв и глубокостолбчатых солонцов, процент которых неодинаков в различных участках степи (от 1 до 95%). Особенно много солонцов в соседстве с холмистой степью. Солонцы разбросаны пятнами, приурочиваясь к едва заметным на глаз вдавлениям. Морфология местных солонцов такова:

Мощность, см

- A<sub>1</sub>. Серого цвета, сверху связан корнями растительности, так что с трудом заметна горизонтальная слоеватость. Мягко, разминается в руках. Постепенно переходит в A<sub>2</sub> . . . . . 9
- A<sub>2</sub>. Серого цвета с белесоватым оттенком, ясно горизонтально-слоеват. Заметна разница окрасок поверхностей слоев. Мощность слоев 1/2—3/4 мм. Довольно хрупок, растирается в порошок с песком. Резко по структуре и цвету отграничен от B<sub>1</sub> . . . . . 4—5
- B<sub>1</sub>. Плотен и жесток, состоит из столбчатых отдельных с белесоватыми головками; белесоватая присыпка на боковую поверхность почти не заходит. Отдельности, диаметром 6—7 см, делятся на отдельные меньшей величины, которые, в свою очередь, разламываются на крупные орехи. Боковая поверхность отдельных окрашена темнее, чем внутренние части их . . . . . 12
- B<sub>2</sub>. Верхняя часть распадается на орехи, нижняя состоит из коротких темноокрашенных языков . . . . . 13
- C. Грязно-желтая супесь с большим количеством гальки.

Почва вскипает на глубине 21 см; с той же глубины начинаются резко очерченные конкреции карбонатов. От 30 до 58 см скопление углесолей извести равномерное, глубже — расплывчатые конкреции. В разрезе на глубине 28—34 см пятно мелких стяжений сульфатов.

В той же степи находится котловина с заболоченной солончаковой почвой, покрытой пикульником (*Iris biglumis*).

Холмистая степь правого берега Абакана также не лишена глубокостолбчатых солонцов, которые встречаются на вершинах увалов, на плоских перевалах и по краям водоемов в ложках.

В холмистой степи левого берега Абакана глубокостолбчатые солонцы входят в комплекс несколькими разновидностями. В одной из них, наиболее близкой по морфологии к вышеописанному, горизонт сульфатов отмечен на глубине 22—35 см. Другая — с мощным (16 см), но слабо выщелоченным горизонтом А, содержит гипс на глубине 45 см. Наряду с солонцами здесь встречаются и солонцеватые почвы.

Комплексы здесь слагаются чаще всего из каштановой почвы и глубокостолбчатого солонца или из солонцеватых почв и того же солонца. Первый комплекс занимает обычно склоны увалов, второй — более равнинные пространства.

По отношению к условиям залегания солонца подмечена следующая закономерность: если мощность горизонта А невелика, то солонец занимает легкие, едва заметные на глаз западины диаметром 10—15 сажен. Такие солонцы легко отличаются уже издали желтоватым тоном растительности, что дает возможность легко определять процент площади, занимаемой солонцами. Он колеблется в очень широких пределах — от 5 до 90—95%.

Как интересную особенность Стасевич отмечает, что довольно крутой (до 10°) склон хребта Куни покрыт почти сплошь (90—100%) глубокостолбчатым солонцом с маломощным горизонтом А.

Кроме глубокостолбчатых, здесь встречаются и корковые солонцы. По отношению к водоемам наблюдается следующая закономерность в распределении почвенных и растительных полос: заливная долина с осокой и заболоченными почвами, выше идут заросли *Iris biglumis* на засоленных и заболоченных почвах, еще выше идет полоса чия, также на почвах засоленных. Среди двух последних полос наблюдаются пятна глубокостолбчатых солонцов.

Каштановая зона в пределах южного Забайкалья была обследована Л. И. Прасоловым (1913) при содействии Н. Д. Емельянова. Здесь каштановые почвы занимают только относительно пониженные территории (долины), слагая нижнюю часть местных вертикальных почвенных зон. В уездах Селенгинском и Верхнеудинском был обследован ряд таких долин. Профиль, проведенный через долину р. Боргой, показал, что, идя от речки по направлению к Боргойскому хребту, исследователь встречает прежде всего полосу солончаков и засоленного аллювия, поросшего солянками.

ми, *Iris biglumis*, чием и некоторыми другими растениями (I). Выше, по обеим сторонам долины идут полосы до  $\frac{1}{2}$  версты шириною, слагающиеся комплексом из солончаков и столбчатых солонцов (II). Еще выше располагается комплекс каштановых почв и столбчатых солонцов (III). Солончаки и столбчатые солонцы в комплексе с каштановыми почвами встречены также и в других долинах, как, например, по Тугною, а солончаки — между Селенгой и Гусиным озером.

В пределах Акшинского и Нерчинско-заводского уездов исследования были произведены теми же почвоведом (1912), причем в степных районах обнаружена та же картина распределения почв от водных бассейнов до горного шлейфа. Характерно, между прочим, что столбчатые солонцы, как это наблюдалось и в других районах, развиваются нередко на хрящеватом наносе.

### БУРАЯ ЗОНА

Закончив с каштановой зоной, переходим к бурой. В области последней, у границы ее перехода к более южной серой зоне, чрезвычайно интересный район был изучен Н. Д. Емельяновым (1916). Обследованная территория (Иргизский район) располагается между  $46$  и  $49^\circ$  с. ш. и  $58$  и  $64^\circ$  в. д., охватывает с запада восточный склон Мугоджарских гор, с востока — приаральские Каракумы и примыкает с юга к берегам Аральского моря. В этих пределах располагаются *темно-бурая* и *светло-бурая* подзоны и намечается переход к светлым *сероземам* (или *белоземам*, как называют их исследователь). Прослеживая комплексы почв в пределах изученных подзон, Емельянов дает следующую таблицу (табл. 1), определяющую господство тех или иных почв в комплексах или постепенное исчезновение некоторых элементов комплекса.

По поводу этой таблицы можно было бы, пожалуй, сделать одно замечание, что такырообразные участки ближе стоят к солончакам, чем к солонцам.

Характеризуя морфологические особенности солонцеватых почв и солонцов различных подзон, Емельянов отмечает, что в темно-бурой подзоне солонцеватые почвы имеют темноокрашенный горизонт В без переходного горизонта  $A_2-B_1$  (характерного для светло-бурой подзоны) и крупноореховато-призматическую структуру горизонта  $B_1$  с глянцем и потеками интенсивно-коричневого цвета на гранях отдельных частей.

К югу (светло-бурая подзона) коричневая окраска слабеет и сам горизонт В становится менее плотным и теряет ясно выраженную призматическую структуру.

Глубокостолбчатые солонцы темно-бурой подзоны имеют резко выраженные черты горизонтов А и В. Последний интенсивно-коричневого цвета. В северных разностях горизонт В имеет удлиненные столбы и закругленные головки, в более южных — от-

Таблица 1

	Слабосолонцеватые почвы	Солонцеватые почвы	Глубокостолбчатые солонцы	Корковые солонцы
Темно-бурая подзона	Присутствуют в значительно меньшем по сравнению со следующей группой количестве	Имеют наибольшее распространение по сравнению с остальными группами	Имеют большее распространение. Принадлежат по большей части к призматическим разностям	Имеют наименьшее распространение из всех 4-х членов комплекса
Светло-бурая подзона	Присутствуют в большом количестве	Присутствуют в меньшем количестве, чем предыдущая группа	По направлению к югу постепенно исчезают	Увеличиваются по направлению к югу. Носят такырообразный характер с <i>Brachilepis salsa</i>
Белоземы	Солонцеватость выражена слабее, чем в почвах более северных. Две группы солонцеватых почв сливаются как бы в одну со слабо выраженными отличиями. Преобладают в значительном количестве над остальными разностями		Отсутствуют	Имеют большое распространение в виде такырообразных пятен и целых площадей с <i>Brachilepis salsa</i> . Имеют некоторые признаки, однородные с признаками белоземов

дельности получают призматическую форму. Обесцвеченный горизонт  $A_2$  ясно оформлен и имеет различную мощность.

У солонцов светло-бурой подзоны окраска горизонта В слабее, а сложение его призматически-комковатое. Обесцвеченность  $A_2$  выражена чаще всего в виде налета, реже в виде горизонта различной мощности. К югу коричневая окраска по граням отдельностей, равно как обесцвеченность нижней части горизонта  $A_2$ , совершенно исчезает. Солонцы светло-бурой подзоны встречаются преимущественно в ее северных частях; на юг они идут дальше всего по низким песчаным пространствам степного характера.

«В белоземной зоне сколь-нибудь типичных глубокостолбчатых солонцов совсем не наблюдалось».

Аналогичные глубокостолбчатые солонцам изменения наблюдаются и в группе корковых солонцов, которые в белоземной зоне теряют призматическую структуру горизонта В.

Солончаки в Иргизском районе встречаются мокрые — по берегам соров, пухлые — на высоких местах над озерами и солончаковатые почвы — в степи по котловинам или углубленным

ложбинам между столовыми горами. В корытообразных долинах без русел, между столовыми возвышенностями, развиваются гипсоносные солончаки. Вообще же солончаки пользуются здесь широким распространением.

В южной части бурой зоны расположены также равнины Семиречья. Они характеризуются почти полным отсутствием той комплексности почвенного покрова, которая так типична для бурой зоны в более западных ее частях. Правда, эта комплексность, как мы видели выше, заметно замирает вообще в южной части бурой зоны. Тем не менее, в северных частях Семиречья еще попадаются столбчатые солонцы. Так, Л. И. Прасолов (1910, 1911), исследовавший Лепсинский уезд, отмечает, что столбчатые солонцы он встречал на равнинах, простирающихся от Акчетавских гор до Балхаша. Солонцы Лепсинского уезда имеют сравнительно малую мощность гумусовых горизонтов (А — 3—4 см, В<sub>1</sub> — 5—8 см). Кроме этих, Прасолов описывает еще песчаные карбонатные солонцы, разрез которых имеет такую морфологию:

А<sub>1</sub>. Серый, сланцевато-пластинчатый или чешуйчатый.

А<sub>2</sub>. Толстослойный, слегка уплотненный.

В. Сильно уплотненный, столбчато-призматический, бурого оттенка.

С. Мягкий бесструктурный влажный песок.

Эти солонцы пропитаны карбонатами до поверхности.

Что касается *солончаков*, то здесь встречены белые бесструктурные солончаки, влажные, вязкие и солончаки сухие. Это, в сущности, один тип в различной степени высыхания верхнего горизонта. По надпойменной террасе р. Лепсы встречены *пуглы* солончаки. Кроме отмеченных, в районе встречаются солончак-овые карбонатные луговые почвы и засоленный аллювий пересыхающих речек и части долины Алакуль.

Равнина, лежащая в Верненском уезде, совершенно лишена солонцов; по крайней мере таковые Г. М. Туминым (1910б) не отмечаются. Может быть, при детальном исследовании они где-нибудь и нашлись бы, но во всяком случае, очевидно, не представляют обычного явления.

Солончаки же здесь встречаются. Грунты речных долин района большею частью засолены и на них формируются солончаки то с солевой коркой, то без нее, то, наконец, с пухлыми солевыми горизонтами. То же отмечается А. И. Безсоновым (1915) для Копальского уезда Семиреченской области и для долины р. Или и Л. И. Прасоловым (1919) для некоторых частей низких долин Пишпекского и Пржевальского уездов.

А. И. Безсонов, сводя данные о почвах Семиреченской области, отмечает, что из групп более или менее засоленных почв здесь встречаются:

1. *Соленые сазы*, т. е. засоленные луга с довольно глубоким (1,5—2 м) и сравнительно обильным горизонтом солоноватых

грунтовых вод с напором, так как этот горизонт питается преимущественно горными водами.

2. *Пухлые* или рыхлые солончаки. Почвы с более близким водоносным горизонтом обычно более соленых вод, более сильно засоленные, с солевой или кремнеземистой коркой (0,5—1 см) и рыхлым ячеистым горизонтом под ней. После дождей такие почвы чрезвычайно вязки, а весной, иногда и осенью, совершенно непроходимы. Растительность или совсем отсутствует, или представлена только солянками.

3. *Засоленный аллювий*.

4. *Такыр*. Засоленные днища весенних луж, ровные и плотные, как хороший ток. На небольшой глубине от поверхности уже влажные. Лишенные всякой растительности.

5. *Солонцы*.

### СЕРАЯ (БЕЛОЗЕМНАЯ) ЗОНА

Эта зона, охватывающая Сыр-Дарьинскую, Ферганскую, Самаркандскую, Закаспийскую области и вклинивающиеся сюда же Хиву и Бухару, в своих наиболее пониженных пространствах, еще у прежних исследователей (Семенов, Северцев) слыла под именем *пояса солонцов*. Термин этот, однако, неправилен; согласно современной терминологии, следовало бы именовать упомянутые пространства *поясом солончаков*.

С. С. Неуструев (1910), характеризуя Чимкентский уезд, отмечает, что наклонная к западу равнина, лежащая между лесовой областью и р. Сыр-Дарьей, покрыта полынными и солянковыми степями с преобладанием *мокрых солончаков* и *пухлых солончаков*. «Разница в строении различных солончаковых почв выражается в существовании или отсутствии тонкой корки с рыхлой массой под ней (до 10 см), в присутствии плотного, слоистого и пористого серого горизонта на первых 5—7 см. Ниже всегда залегает влажный бесструктурный слой, часто с жилками гипса, постепенно переходящий в материнскую породу». Солонцов столбчатых, подчеркивает исследователь, здесь совершенно не наблюдалось.

На равнинах к северо-западу от Каратау встречаются, между прочим, солончаки, «где под пористой корочкой, толщиной от 0,5 до 2 см, покрытой пятнами белого налета, лежит рыхлая масса буро-серого цвета, содержащая белый порошок солей. Мощность ее до 8 см. Под нею темный, влажный, комковатый горизонт», прорезанный ходами мокриц, а также личинок насекомых. С 15—20 см и особенно между 20 и 30 см — жилки гипса, которые исчезают лишь на глубине 80 см.

«Дорога по пухлым солончакам трудна для лошадей, а пространства таких солончаков часто тянутся весьма долго».

Только близ Сузака среди чия попадаются небольшие пятна

солонцов, покрытых камфоросмой, которые отчасти напоминают столбчатые.

В пределах Аулиеатинского уезда С. С. Неуструев (1910) на пространстве между Куюкскими горами и Кулантау отмечает мелкие пятна солонцов, очень близких к столбчатым. Солончаки здесь, однако, представляют более распространенную почву. Солончаки также в значительных количествах находятся и на шлейфах склонов Таласского Алатау, на равнине вокруг оз. Бийли — куль, где имеются, между прочим, и пухлые солончаки, в долинах рек Таласа и Асы, на равнине перед Александровским хребтом, особенно восточнее ст. Мерке и в долине р. Курагаты.

В Перовском уезде тот же исследователь (1911) отмечает луговые засоленные почвы и большое количество пухлых солончаков (по-киргизски, кебир) в тугайной полосе р. Сыр-Дарьи. Здесь же значительно распространены такыры. Солончаковые и солончаковатые почвы наблюдаются в долинах Каратау, а также и в предгорьях этого хребта, по южному склону. Очень богата солончаками пустынная степь, расположенная к северу от Каракемыра и идущая до границы Тургайской области.

В Казалинском уезде солончаками богато пространство к северу от ст. Джусалы, на равнине, прилегающей к р. Сыр-Дарье, где иногда верстами тянутся пухлые солончаки, и пространство между Казалинском и мысом Кара-чокот на Аральском море. К северу от ст. Аральское море в полосе, переходной к бурой зоне, встречены почти типичные столбчатые солонцы, которые С. С. Неуструев (1912) описывает следующим образом:

А. 0—10 см. Слоеватая серая пористая корка.

В<sub>1</sub>. 10—33 см. Столбчатый (тонко)-супесчаный, твердый, бурый слой, склонный и к пластинчатой отдельности.

В<sub>2</sub>. 33—60 см. Крупнстолбчатый, более светлый, супесчаный, твердый слой с массой белых жилок CaCO<sub>3</sub>.

С. На 80 см. Умеренно рыхлый песок с белыми жилками. Вскипание слабое с поверхности.

Солончаки встречаются, наконец, даже среди песков Кара-кум.

Ферганская область также достаточно богата солончаками. Так, в Скобелевском уезде Г. И. Доленко (1914) констатирует мокрые и пухлые солончаки на равнине, служащей переходом от р. Сыр-Дарьи к горам. «Пухлые солончаки сплошь занимают большие площади, образуя, как снежный покров, ослепляющую белизной пелену с кое-где разбросанными кустиками *Tamarix*'а». На той же равнине встречаются и так называемые сазы, представляющие собой не что иное, как луговые солончаковатые (преимущественно карбонатные) почвы.

В Кокандском уезде, по данным В. Н. Таганцева (1914), солончаки и солончаковатые (сазовые) почвы приурочиваются к

пустынному району северной части уезда, прилегающей к р. Сыр-Дарье.

В Омском уезде, по исследованиям С. С. Неуструева (1914), солончаковые почвы встречаются в северной части уезда, в частности вокруг г. Оп. В Андижанском уезде тот же исследователь указывает солончаки и солончаковатые почвы по долине р. Нарына, по долинам некоторых других речек, а также на полынной степи между Уртактау и г. Кетмень — Тюбе. Встречаются солончаковатые почвы и в Наманганском уезде.

В Закаспийской области, по сообщению Д. А. Драницына (1913), особенно распространены солончаки такырового типа. Встречаются, однако, и другие формы солончаковатых почв по речным долинам. «Окрестности г. Нефте-дага являются грандиозным солончаком, совершенно лишенным растительности».

В Ходжентском уезде Самаркандской области, обследованном С. С. Неуструевым (1916), особенно интересны гипсовые солончаковые щелбчатые почвы (галечные), располагающиеся на низких конгломератовых увалах в восточной и северо-восточной частях уезда.

Ф. И. Левченко (1912), исследовавший Каракумскую пустыню, особенно подчеркивает засоленность почв Калифского Узбоя.

Н. А. Димо (1914) указывает, что большая часть равнинной Бухары «занята разнообразными солончаками, сорами, бутпаками... Солончаки принадлежат к распространенной в Туркестане группе мокрых».

С. С. Неуструев (1912) отмечает засоленность большинства почв Ширабадской долины.

В Хивинском ханстве, по данным Димо, солончаковые почвы занимают периферию орошенного района. Солончаки встречаются, наконец, пятнами в Чимбайском районе Аму-Дарьинского отдела. Местные солончаки подразделяются на две группы: первая группа дает на поверхности рыхлые скопления солей (большею частью глауберовой соли), у второй группы солей на поверхности почвы мало, но «на обсохших кочках и на поверхности растений видны нередко кристаллики и хрустящие под ногами корки солей».

Таким образом, все данные, относящиеся к самой южной пустынно-степной зоне Азиатской части СССР, согласно свидетельствуют о том, что хотя почвы, подобные столбчатым солонцам, изредка здесь и встречаются, однако они играют, можно сказать, последнюю роль в почвенном покрове зоны, уступая место широко развитым солончакам.

Солонцы и солончаки свойственны не только равнинным районам. Мы находим их и в горных странах Азиатской части СССР, иногда даже на больших высотах. Так, исследования В. П. Смирнова (1913) в горных частях Змеиногородского района (Алтай) указали на присутствие в некоторых высоко расположенных долинах (Ужок, Чуйская степь) солончаковатых почв. Тот же ис-

следователь указывает на солонцеватые и солончаковые почвы по долинам рек Урсула, Котуни, Коксу, Чарыша и других в Бийском уезде.

Горно-солончаковые почвы, преимущественно карбонатного типа, неоднократно отмечались исследователями Туркестана в высоколежащих районах последнего. Особенно интересно развитие солончаковых почв в Алтайской долине и в Восточном Памире, на высоте до 5000 м, отмеченные С. С. Неуструевым (1914).

Заметкой о засоленных почвах горных стран мы заканчиваем наш беглый географический очерк и теперь попытаемся подвести некоторые итоги перечисленным выше наблюдениям.

Они, прежде всего, говорят о том, что солонцы и солончаки свойственны только областям с относительно сухим климатом и теплыми летними периодами, но в то же время подчеркивают чрезвычайно важное значение засоленности грунтов и недренированности местности. Как мы уже отметили, обилие солонцов и солончаков в северной части степной зоны Западной Сибири объясняется, в значительной мере, этими двумя причинами.

Значение сухости климата понятно: во-первых, она препятствует глубокому промыванию солей, получающихся в процессе почвообразования, а во-вторых, вызывая сильное испарение, помогает поднятию к поверхности соляных растворов. Чем суше и теплее климат, при прочих равных условиях, тем больше солей накапливают почвы, грунты и поверхностные грунтовые воды.

Если мы припомним далее, как распределяются на территории Азиатской части СССР солонцы и солончаки, то перед нами встанет такая схема: количество солонцов и солонцеватых почв непрерывно возрастает, начиная от черноземной зоны до северных частей бурой зоны, а затем южнее солонцовый процесс начинает замедляться и почти совершенно сходит на нет в зоне сероземов (белоземов). Наряду с этим постепенно возрастают площади солончаков, достигая максимума там, где солонцовый процесс почти сходит на нет. Солончаки, таким образом, являются как бы антагонистами солонцов и вместе с тем зачастую, как мы видели выше, лежат рядом друг с другом.

Просматривая условия залегания солонцов и солончаков в любой зоне, мы видим, что солонцы всегда занимают места несколько повышенные по сравнению с солончаками. Такие соотношения мы наблюдали на берегах озер как в черноземной, так и в каштановой зоне. То же ясно вырисовывается в схемах распределения почв в долинах южного Забайкалья.

Там, где грунтовые воды так близки к поверхности, что могут постоянно снабжать верхние горизонты почвы растворимыми солями, развивается солончак; там, где этот процесс ослабевает, формируется солонец. Что солонец требует участия солей для своего образования, это ясно из того, что солонцы развиваются только в сухих климатах. Там, где в грунтах совсем нет солей, нет и солонца. Если мы проследим далее условия залегания со-

лонцов в какой-либо зоне, то увидим, что они приурочиваются к таким местам, где скорее можно ожидать поднятия некоторых солей к поверхности. Так, солонцы избирают южные склоны, располагаются на склонах там, где может быть хотя бы временный подток верховодки, охотнее развиваются на близких от поверхности водоупорных породах или породах засоленных, располагаются по котловинам с относительно неглубоким уровнем грунтовой воды и пр. и пр.

Если все это правильно, то солонцовый процесс должен развиваться тем более, чем суше и теплее климат, чем сильнее испарение, чем вероятнее возможность поднятия к поверхности почвенных растворов. Это мы и наблюдаем в природе, когда констатируем усиление солонцового процесса к югу от черноземной зоны. Тут мы, однако, натываемся как будто бы на некоторое противоречие: равнины Туркестана лежат в условиях наиболее сухого и теплого климата, между тем солонцов здесь почти нет. Вдумываясь в эти факты, мы приходим к заключению, что противоречия здесь нет. Вместе с сухостью климата и его теплотой должна возрастать засоленность почв и грунтов и развитие солончаков, а солончак, как мы сказали выше, антагонист солонца. Почему это так, мы объясним несколько позже, когда будем говорить о генезисе солонцов.

Переходя к морфологическим особенностям солонцов, мы и здесь можем подметить известные закономерности, заключающиеся в том, что каждой зоне свойственны свои разности солонцовых почв. Так, например, типичные формы *ореховатых* солонцов мы встречаем почти исключительно в черноземной зоне и частью в подзолистой (Якутия). Этим же районам свойственны и наиболее типичные разности столбчатых солонцов с резко конусообразными верхушками и с резко оформленным белесым горизонтом  $A_2$ . Наконец, в тех же районах мы встречаемся и с наиболее типичными явлениями деградации солонцов. Все эти факты показывают, что в северных зонах мы находим наиболее благоприятные условия для эволюции солонцовых почв в сторону подзоловидных почв, а вместе с тем и наименее благоприятные условия для солонцового процесса.

Для каштановой зоны более типичны *призматические* солонцы. Столбчатые разности хотя здесь и встречаются, однако таких степеней закругления верхушек отдельностей, какие мы наблюдаем в черноземной зоне, здесь обыкновенно нет. Белесый горизонт  $A_2$  появляется реже и не так резко и мощно выражен, как в черноземной зоне. Начинает увеличиваться количество *корковых* солонцов. Явления деградации чрезвычайно редки и наблюдаются лишь в исключительных случаях.

В южной части бурой зоны глубокостолбчатые солонцы, как уже было отмечено, резко сокращают площади своего распространения и в то же время увеличивается количество корковых солонцов.

Наконец, в серой зоне глубокостолбчатые солонцы почти замирают.

Все эти факты, как увидим ниже, находят себе объяснение, если придерживаться развиваемой в дальнейшем теории генезиса солонцов. Раньше чем формулировать эту теорию, нам придется ознакомиться с химическими свойствами солонцовых почв.

Что касается солончаков, то наиболее типичные разности их развиваются там, где близкие к поверхности грунтовые воды могут постоянно доставлять верхним горизонтам почвы растворимые соли. Не исключена, однако, возможность накопления солей путем постоянного сноса их с окружающих повышенных мест в замкнутые котловины с относительно глубоким залеганием грунтовых вод.

Что касается закономерностей в распределении по территории Азиатской части СССР различных форм солончаков, то и здесь таковые могут быть отмечены. Так, например, *пухлые* солончаки начинают попадаться в сколько-нибудь заметном количестве только в южной части каштановой зоны, достигая максимума в серой зоне.

По-видимому, только в южной зоне появляются темные влажные солончаки, содержащие  $\text{CaCl}_2$ , о которых не упоминалось в предыдущем изложении и на которые, к сожалению, исследователи мало обратили внимания.

## ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОЛОНЦОВ И ИХ ГЕНЕЗИС

### Подзолистая зона

Обратимся теперь к рассмотрению химических свойств солонцов и остановимся прежде всего на солонцах Якутии. Для их характеристики мы располагаем следующими данными [в %] водных вытяжек (табл. 2).

Для второго образца (табл. 3) имеются, кроме того, ниже следующие определения [в %].

### Черноземная зона

Гораздо бóльшим количеством данных мы располагаем для северной части черноземной зоны. Валовой анализ глубокостолбчатого солонца из Тарско-Тюкалинского района (Искюль) дает следующие результаты (табл. 4).

Гигроскопическая вода и гумус [в %] в этом солонце распределяются так (табл. 5).

В водной вытяжке того же солонца (табл. 6) найдено [в %].

Приведем ряд данных для солонцов по линии Тюмень-Омской железной дороги (табл. 7).

Таблица 2

Глубина, см	Гигроскопическая вода	Сухой остаток	Минераль- ный остаток	Щелочность		Растворенный гумус	Cl	SO <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
				HCO <sub>3</sub> -	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>							
Дернисто-слоисто-столбчатый солонец № 46. Г. И. Доленко												
0-5	6,94	0,086	0,022	0,007	—	0,026	0,001	сл.	сл.	—	—	—
6-13	3,47	0,168	0,097	0,021	—	0,044	0,005	0,042	0,017	—	—	Сл.
14-20	6,30	0,429	0,316	0,047	—	0,059	0,005	0,062	0,051	—	—	Ясные сл.
28-30	3,45	0,831	0,476	0,180	0,058	0,086	0,032	0,132	0,017	Сл.	—	—
40-50	2,98	0,308	0,264	0,159	0,050	0,012	0,011	0,022	0,011	—	—	Ясные сл.
50-60	3,06	0,371	0,309	0,154	0,047	0,011	0,006	0,032	0,011	—	—	Сл.
Столбчатый солонец Вилюйского округа. К. К. Никифоров												
1-3	2,55	0,133	0,052	0,037	—	0,020	0,002	0,014	0,007	0,003	0,018	Сл.
10-20	1,11	0,114	0,078	0,064	—	0,013	0,005	0,022	0,008	0,005	0,031	—
20-26	3,64	0,312	0,226	0,147	0,004	0,018	0,030	0,055	0,007	0,009	0,074	0,005
30-40	3,22	0,335	0,229	0,109	0,003	0,002	0,042	0,056	0,006	0,007	0,105	0,009
50-65	2,24	0,131	0,115	0,074	0,001	0,000	0,017	0,025	0,006	0,006	0,058	—
100-120	1,18	0,069	0,056	0,041	—	0,001	0,004	0,012	0,007	0,004	0,021	—

Таблица 3

Горизонт	Глубина, см	Гумус	Потери при прокаливании	Химически связанная вода	CO <sub>2</sub>
	1-3	8,49	11,49	3,00	—
A <sub>1</sub>	10-20	1,04	2,24	0,81	0,39
A <sub>2</sub>	20-26	1,71	6,86	2,30	2,65
B <sub>1</sub>	30-40	0,77	9,98	1,21	8,01
B <sub>2</sub>	50-65	—	—	—	1,99
	100-120	—	—	—	0,80

Таблица 4

[Валовое содержание, %]	A <sub>1</sub> (0-5 см)	A <sub>2</sub> (12-14 см)	B <sub>1</sub> (14-20 см)	B <sub>2</sub> (40-50 см)	(85-95 см)
Потери при прокаливании	15,83	10,24	7,90	3,87	3,50
SiO <sub>2</sub>	64,74	70,56	64,21	55,28	57,52
TiO <sub>2</sub>	0,55	0,91	0,62	0,53	0,59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,89	9,57	14,97	11,09	10,58
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,00	3,91	5,93	5,04	5,47
MnO	0,05	0,16	0,38	0,30	0,41
CaO	1,37	1,51	1,44	12,08	10,18
MgO	1,27	1,32	1,75	1,91	2,31
K <sub>2</sub> O	1,44	0,82	1,18	Не опр.	1,09
Na <sub>2</sub> O	1,11	0,50	0,85	»	0,97
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,20	0,11	0,10	»	0,09
SO <sub>3</sub>	0,69	0,21	0,24	0,34	0,59
CO <sub>2</sub>	—	—	—	7,93	6,81
<b>Сумма</b>	<b>100,14</b>	<b>99,82</b>	<b>99,57</b>	<b>98,37</b>	<b>100,12</b>

Таблица 5

Горизонт	Глубина, см	Гигроскопическая вода	Гумус
A <sub>1</sub>	(0-15)	5,10	13,67
A <sub>2</sub>	(12-14)	3,95	8,91
B <sub>1</sub>	(14-20)	4,82	6,51
B <sub>2</sub>	(40-50)	4,66	1,14
C	(85-95)	4,14	0,13

Таблица 6

Горизонт	Глубина, см	Сухой остаток	Минеральный остаток	Общая щелочность	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Растворимый гумус	Cl	SO <sub>3</sub>	Цвет
A <sub>1</sub>	0-5	0,214	0,091	0,003	—	0,049	0,004	—	Светло-желтый
A <sub>2</sub>	12-14	0,252	0,126	0,043	—	0,057	0,011	—	Красно-бурый
B <sub>1</sub>	14-20	0,463	0,295	0,082	—	0,069	0,039	—	Темно-бурый
C	85-95	0,542	0,512	0,100	0,014	0,001	0,158	0,075	Бесцветный

Таблица 7

Почва	Горизонт	Глубина, см	Гигроскопическая вода, %
Столбчатый солонец № 574	A <sub>1</sub>	Поверхн.	7,59
	A <sub>2</sub>	12	5,74
	B <sub>1</sub>	22	7,24
	B <sub>2</sub>	35	7,40
		50	6,86
	C	70	6,72
Столбчатый укороченный солонец № 353	A <sub>1</sub>	Поверхн.	5,26
	A <sub>2</sub>	17	3,62
	B	23	5,61
	C	50	3,17
Ореховатый солонец № 575	A <sub>1</sub>	Поверхн.	6,88
	A <sub>2</sub>	15	5,05
	B <sub>1</sub>	25	9,26
	B <sub>2</sub>	45	8,37
	C	70	4,76
Ореховатый солонец № 535	A <sub>1</sub>	2	8,05
	A <sub>2</sub>	20	5,42
	B <sub>1</sub>	35	9,76
	C	65	5,60

Водные вытяжки солонцовых почв (табл. 8) дали следующие результаты [в %].

Из приведенных данных видно, что ореховатые солонцы в общем дают менее минерализованные вытяжки, чем столбчатые. Большую минерализацию обнаруживает призматический солонец, а максимальную — глыбистый, который отличается в то же время и наиболее высокой щелочностью.

Таблица 8

Почва	Глубина, см	Сухой остаток	Прокаленный остаток	Общая щелочность	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>3</sub>	Растворимый гумус	Цвет
Столбчатый солонец № 574	Поверхн.	0,094	0,034	0,100	Нет	0,001	Сл.	0,021	Интенсивно-желтый
	12	0,092	0,036	0,013	»	0,003	»	0,021	Интенсивно-оранжевый
	22	0,231	0,151	0,031	»	0,001	»	0,025	»
	35	0,256	0,206	0,034	»	0,001	0,077	0,011	Зеленовато-желтый
	50	0,301	0,282	0,024	»	0,000	0,149	0,002	Бесцветный
	70	0,253	0,241	0,084	»	0,001	0,084	0,002	»
Столбчатый укороченный № 353	Поверхн.	0,061	0,026	0,006	»	0,000	Сл.	0,011	Светло-палевый
	17	0,204	0,120	0,003	»	0,005	»	0,036	Красно-бурый
	23	0,409	0,214	0,111	»	0,023	»	0,075	Черно-бурый
	50	0,302	0,178	0,135	0,010	0,001	»	0,026	Интенсивно-золотисто-желтый
Столбчатый солонец № 165	2-12	0,085	0,018	0,005	Нет	Нет	Мало заметно	0,032	Слабо-желтый
	22-26	0,041	0,025	0,008	»	»	»	0,011	»
	27-35	0,065	0,047	0,010	»	»	»	0,009	Бледно-желтый
	44-60	0,101	0,066	0,023	»	»	Более заметно	0,005	»
	120-140	0,132	0,096	0,030	»	»	»	0,001	Бесцветный
Призматический солонец № 643	Поверхн.	0,111	0,042	0,013	»	0,002	Сл.	0,026	Интенсивно-золотисто-желтый
	10	0,366	0,240	0,105	»	0,012	»	0,060	Красно-бурый
	28	0,364	0,251	0,121	»	0,012	»	0,027	Оранжево-красный
	43	0,286	0,256	0,172	0,015	0,001	Нет	0,005	Слабо-зеленый
	65	0,178	0,156	0,138	0,014	0,000	Сл.	0,002	Бесцветный

Таблица 8 (окончание)

Почва	Глубина, см	Сухой остаток	Прокаленный остаток	Общая щелочность	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>3</sub>	Растворимый гумус	Цвет
Ореховатый солонец № 375	Поверхн.	0,108	0,045	0,17	Нет	0,001	Нет	0,020	Интенсивно-желтый
	15	0,066	0,029	0,009	»	0,002	»	0,020	Желтый
	25	0,068	0,029	0,008	»	0,002	»	0,012	Слабо-зеленовато-желтый
	45	0,079	0,038	0,027	»	0,004	»	0,006	Почти бесцветный
	70	0,078	0,54	0,042	»	0,011	»	0,004	Бесцветный
Ореховатый солонец № 535	2	0,106	0,031	0,010	»	0,000	Сл.	0,019	Ярко-палевый
	20	0,044	0,022	0,008	»	0,001	Нет	0,009	Желтый
	35	0,081	0,049	0,037	»	0,001	»	0,010	»
	65	0,092	0,076	0,052	»	0,001	Ясно заметно	0,003	Бесцветный
Ореховатый солонец № 414	1-11	0,145	0,051	0,009	Нет	0,002	Заметное кол-во	0,036	Красновато-золотисто-желтый
	25-32	0,061	0,025	0,003	»	0,003	»	0,011	Слабо-желтый
	34-41	0,057	0,025	0,002	»	0,003	»	0,006	Бесцветный
	43-49	0,040	0,024	0,003	»	0,002	»	0,003	Почти бесцветный
	75-82	0,064	0,056	0,035	»	0,002	»	0,002	Бесцветный
Ореховатый солонец № 632	2-12	0,090	0,046	0,013	»	Нет	Ясные сл.	0,018	Золотисто-желтый
	20-28	0,130	0,064	0,005	»	»	Заметное кол-во	0,008	Желтоватый
	31-39	0,073	0,035	0,002	»	»	»	0,002	Бесцветный
	46-54	0,094	0,057	0,016	»	»	Много	0,015	Желтоватый
	100-110	0,122	0,100	0,062	»	»	»	0,002	Очень слабо-желтый
Глыбистый солонец № 255	Поверхн.	0,716	0,505	0,120	»	0,065	Значит. кол-во	0,103	Черный
	18	1,258	0,942	0,149	»	0,073	Много	0,282	»
	35	0,897	0,882	0,386	0,187	0,065	Ясно заметно	0,004	Бесцветный

## Каштановая зона

Для солонцов каштановой зоны имеется ряд аналитических данных, которые мы ниже приводим. Механические анализы глубоколбчатых солонцов (табл. 9, 10) дают такие результаты [в %, размер частиц в мм]:

### 1. Солонец Минусинского уезда (А. Н. Стасевич)

Таблица 9

Горизонт	Глубина, см	>0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	<0,01
A <sub>1</sub>	0—3	26,00	28,00	20,00	27,00
A <sub>2</sub>	15—21	27,75	35,00	12,50	24,75
B <sub>1</sub>	21—29	29,00	19,00	8,00	44,00
B <sub>2</sub>	32—41	38,00	26,50	10,00	25,50

Несмотря на то, что материнская порода опесчанивается глубиной, различие горизонтов А и В выступает достаточно резко.

### 2. Солонцы Тургайского уезда (Б. А. Скалов)

Таблица 10

Гори- зонт	№ разре- за глуби- на, см	3—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01— 0,005	0,005— 0,001	<0,0015
A	50 0,20	0,31	0,26	8,06	43,03	12,26	20,22	6,93	7,37
B <sub>2</sub>	20—37 54	0,05	0,06	4,42	39,16	9,91	18,22	11,71	15,82
A	0—18	3,24	0,75	8,08	46,08	9,23	17,64	5,73	7,92
B	40—66	1,28	0,45	6,15	47,45	7,53	12,02	8,50	15,86

Последние анализы ясно подчеркивают, что среди иловатых частиц особенно резко выделяются мельчайшие (0,005—0,001 и 0,0015): этими именно частицами по преимуществу обеднены горизонты А обоих анализированных образцов, а горизонты В теми же частицами обогащены. В более крупнозернистых элементах резких различий по горизонтам не наблюдается. Песчаной пылью, например, горизонты А несколько богаче горизонтов В.

Обращаясь к химическим данным, остановимся прежде всего на валовом анализе глубоколбчатого солонца Минусинского уезда, который дает следующие результаты (табл. 11).

Таблица 11

[Валовое содержание, %]	A <sub>1</sub> (0—3 см)	A <sub>2</sub> (15—21 см)	B <sub>1</sub> (21—29 см)	B <sub>2</sub> (32—41 см)
Гигроскопическая вода	1,09	1,11	2,72	2,00
Потери при прокаливании	9,29	3,42	5,37	7,86
SiO <sub>2</sub>	66,48	71,89	66,36	62,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,98	12,01	14,76	15,48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,87	3,79	4,71	5,23
CaO	1,57	2,29	2,89	3,25
MgO	0,99	0,31	0,74	0,28
K <sub>2</sub> O	2,35	2,29	2,60	2,42
Na <sub>2</sub> O	2,46	2,58	1,98	2,77
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,09	0,06	0,11

Перечислив на безводную, безгумусовую и бескарбонатную массу (табл. 12), получаем [в %]:

Таблица 12

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
SiO <sub>2</sub>	73,29	74,43	70,12	68,31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,21	12,44	15,60	17,05
CaO	4,27	3,92	4,98	5,76
MgO	1,73	2,37	3,05	2,76
K <sub>2</sub> O	1,09	0,32	0,78	0,31
Na <sub>2</sub> O	2,59	2,37	2,75	2,66
	2,71	2,67	2,09	3,05

Глубокостолбчатый солонец Акмолинского уезда, вблизи границы бурой зоны (А. Н. Стасевич), имеет такой состав (табл. 13).

Так как разница в потере при прокаливании между горизонтами А<sub>1</sub> и В невелика, то и без перечисления на минеральное вещество видно, чем различаются между собой два упомянутых горизонта.

Приведем, наконец, данные для водных вытяжек [в %] глубокостолбчатых солонцов каштановой зоны (табл. 14).

### Бурая зона

Для этой зоны мы обладаем пока немногими аналитическими данными.

Для супесчаного солонца темно-бурой зоны (табл. 15) Н. Д. Емельянов дает такие определения [в %].

Таблица 13

[Валовое содержание, %]	A <sub>1</sub> (0—3 см)	B <sub>1</sub> (13—23 см)	C (65—70 см)
Гигроскопическая вода	1,78	5,08	1,77
Гумус	2,51 (A <sub>2</sub> - 1,00)	1,47	—
Потери при прокаливании	4,00	5,05	11,33 (вместе с CO <sub>2</sub> )
SiO <sub>2</sub>	71,63	65,16	57,24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,21	15,73	8,39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,00	6,11	5,32
CaO	1,24	1,20	12
MgO	1,53	2,09	2,01
K <sub>2</sub> O	1,90	2,39	1,73
Na <sub>2</sub> O		1,31	1,12

Таблица 14

Горизонт	Сухой остаток	Минеральный остаток	Общая щелочность	Растворимый гумус	SO <sub>3</sub>	Cl	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
----------	---------------	---------------------	------------------	-------------------	-----------------	----	-----	------------------	-------------------

## Солонец Тургайской области (Ф. И. Левченко)

A <sub>1</sub>	0,038	0,021	0,007	0,004	0,006	0,007	0,002	0,003	0,006
B <sub>1</sub>	0,164	0,108	0,053	0,012	0,017	0,011	0,006	0,003	0,034
B <sub>2</sub>	0,642	0,590	0,028	0,001	0,138	0,185	0,016	—	—
C	1,038	0,845	0,026	0,000	0,254	0,160	0,051	0,012	0,213

## Солонец Акмолинской области (А. Н. Стасевич)

A <sub>1</sub>	0,042	0,028	0,024	—	0,021	Сл.	—	—	—
A <sub>2</sub>	0,068	0,033	0,027	—	0,026	»	—	—	—
B	0,175	0,124	0,046	—	0,027	0,070	—	—	—
B <sub>2</sub>	0,451	0,392	0,036	—	0,035	0,094	—	—	—
C	0,571	0,529	0,032	—	0,065	0,119	—	—	—

Таблица 15

Горизонт	Глубина, см	Гигроскопическая вода	Гумус	Химически связанная вода	Потери при прокаливании	CO <sub>2</sub>
A <sub>1</sub>	0—8	0,47	0,71	0,33	1,51	—
A <sub>2</sub>	8—18	0,51	0,65	0,47	1,63	—
B <sub>1</sub>	25—35	3,12	0,79	2,60	6,51	—
C	60—70	4,52	—	—	—	1,26

Для сушечаного солонца светло-бурой подзоны (табл. 16) имеются следующие определения Н. Д. Емельянова [в %].

Таблица 16

Глубина, см	Гигроскопическая вода	Гумус	Химически связанная вода	Потери при прокаливании	CO <sub>2</sub>
0-4	0,43	0,67	0,48	1,58	—
4-14	0,54	0,47	0,54	1,55	—
14-18	0,62	0,41	1,12	1,95	—
18-28	4,54	0,43	2,30	7,27	—
28-38	3,23	0,40	2,42	6,05	1,17
52-62	2,10	—	—	—	3,95
85-90	1,58	—	—	—	2,39

### Корково-столбчатые солонцы

Перейдем теперь к корково-столбчатым солонцам пустынно-степных зон.

Механический анализ такого солонца из Тургайского уезда (Ф. И. Левченко) приводится в табл. 17 [в %, размер частиц в мм]:

Таблица 17

Горизонт	Глубина, см	>0,25	0,25—0,5	0,05—0,01	<0,01
A	0-6	4,55	24,90	29,87	40,68
B <sub>1</sub>	6-25	2,46	8,08	12,09	77,37

Валовой анализ этого солонца таков (табл. 18):

Таблица 18

[Валовое содержание, %]	A (0-6 см)	B <sub>1</sub> (6-25 см)
Гигроскопическая вода	1,64	5,25
Гумус	3,14	2,57
Потери при прокаливании	6,18	12,00
SiO <sub>2</sub>	75,95	59,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,83	15,71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,85	8,78
CaO	0,83	0,60
MgO	0,96	1,50
K <sub>2</sub> O	2,25	1,30
Na <sub>2</sub> O		1,00

Корковый солонец Акмолинского уезда (А. Н. Стасевич) дает такие цифры (табл. 19):

Таблица 19

[Валовое содержание %]	A (0—2 см)	B <sub>1</sub> (3—5 см)	B <sub>2</sub> (14—23 см)	B <sub>3</sub> (37—44 см)
Гигроскопическая вода	1,19	3,67	3,70	3,33
Гумус	2,25	1,32	1,45	2,05
Потери при прокаливании	3,51	—	5,79	—
SiO <sub>2</sub>	72,73	—	64,75	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,52	—	14,99	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,91	—	3,77	—
CaO	0,78	—	4,57	—
MgO	1,63	—	2,32	—
K <sub>2</sub> O	2,10	—	2,33	—
Na <sub>2</sub> O	1,45	—	1,65	—

Водные вытяжки корковых солонцов каштановой зоны (табл. 20, 21) дают следующие результаты [в %]:

1. Корково-столбчатый солонец Тургайского уезда (Ф. И. Левченко):

Таблица 20

Горизонт	Глубина, см	Сухой остаток	Минеральный остаток	Общая щелочность	Растворимый гумус	Cl	SO <sub>3</sub>	CaO
A	0—6	0,106	0,072	0,028	0,008	0,000	0,013	—
B <sub>1</sub>	6—25	0,468	0,394	0,073	0,019	0,126	0,017	0,016
B <sub>2</sub>	25—60	1,870	1,742	0,034	0,003	0,250	0,757	—
C	60—90	2,318	2,140	0,055	0,001	0,192	1,042	0,310

Как видно, цифры отмечают значительное засоление почвы уже в пределах горизонта В.

2. Корковый солонец Семипалатинского уезда (А. И. Хаинский):

Таблица 21

Горизонт	Глубина, см	Сухой остаток	Минеральный остаток	Общая щелочность	Растворимый гумус	Cl	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
A	0—6	0,117	0,067	0,024	0,006	0,014	Сл.	Сл.	0,011	0,019	0,005
B <sub>1</sub>	15—23	0,740	0,651	0,039	0,004	0,213	0,102	0,023	0,031	0,237	0,010
B <sub>2</sub>	40—50	1,573	1,407	0,044	0,002	0,262	0,400	0,037	0,057	0,497	0,081
B <sub>2</sub>	65—75	2,676	2,158	0,026	0,001	0,258	0,818	0,118	0,348	0,398	0,087
C	90—100	2,570	2,167	0,023	0,000	0,226	0,890	0,112	0,355	0,375	0,077

Приведем, наконец, несколько данных [в %] для корковых солонцов бурой и серой зоны (табл. 22):

Таблица 22

Горизонт	Глубина, см	Гигроскопическая вода	Гумус	Химически связанная вода	Потери при прокаливании	CO <sub>2</sub>
Корковый солонец темно-бурой подзоны (Н. Д. Емельянов)						
A	0-5	1,82	1,34	2,38	5,44	—
B <sub>1</sub>	5-15	3,79	1,35	3,90	9,04	—
C	30-40	2,78	0,45	3,68	6,91	—
C	70-80	2,72	—	—	—	0,59
Корковый солонец светло-бурой подзоны (Н. Д. Емельянов)						
A	0-5	0,54	0,31	0,66	1,51	—
B <sub>1</sub>	5-9	1,07	0,08	1,07	2,22	—
B <sub>1</sub>	9-15	2,64	0,23	2,32	5,19	—
B <sub>2</sub>	15-25	2,89	0,29	1,99	5,17	2,42
C	60-70	1,77	—	—	—	2,67
Корковый солонец серой зоны (Н. Д. Емельянов)						
	0-6	1,47	1,18	1,67	4,32	6,40
	6-15	4,96	0,76	3,19	8,91	2,16
	15-27	5,39	0,84	4,59	10,82	3,94
	27-37	2,44	0,36	7,30	10,10	4,58
	50-60	4,88	—	—	—	4,69
	110-115	12,00	—	—	—	4,39

Мы могли бы привести для структурных солонцов Азиатской части СССР и еще некоторые данные, но полагаем, что и сообщенных уже анализов достаточно для того, чтобы ясно представить себе тот процесс, который происходит при формировании солонца.

Остановливаясь на данных механического анализа, мы замечаем, что горизонты А солонцов лишаются значительной части своего мелкозема и притом наиболее тонких частиц этого последнего, а горизонт В этот мелкозем приобретает. В связи с этим в горизонте В увеличивается количество как гигроскопической, так и химически связанной воды, тогда как горизонты А и той, и другой водой беднеют.

Вместе с переносом тонких иловатых частиц, среди которых находятся и частицы гидратов окиси железа, а может быть, и глинозема, так как в водных вытяжках структурных солонцов

зачастую констатируется присутствие полуторных окислов, переносится и некоторое количество гумуса, делающегося подвижным при наличии той щелочной реакции, которая характеризует солонцовые почвы. Результатом последнего переноса является второй максимум гумуса в горизонте В<sub>1</sub>, который ясно заметен особенно в тех случаях, когда резко выражен горизонт А<sub>2</sub>, содержащий в этих случаях небольшое количество гумуса.

Из ряда работ Гедройца мы знаем, что подвижность гумуса является результатом насыщения его натрием, причем эта подвижность начинает проявляться лишь тогда, когда соответственный горизонт почвы лишается хлора или серной кислоты. Поэтому понятно, что в солончаках такой подвижности быть не может, хотя бы гумус их и был в достаточной мере насыщен ионом натрия. Из верхнего горизонта солончака необходимо сначала удалить избыток хлора и серной кислоты для того, чтобы получить в их поверхностном горизонте условия, необходимые для подвижности перегноя. Последнее в природе возможно лишь тогда, когда просачивание воды с поверхности возьмет перевес над поднятием воды снизу. Очевидно, для этого необходимо изменение режима грунтовых вод, т. е. понижение их уровня. Такие случаи в природе, конечно, возможны, и чаще всего их можно наблюдать в речных долинах, где при углублении речного русла грунтовые воды могут изменять свой уровень. Поэтому в некоторых случаях возможно получение солонца из солончака, но такие случаи не могут быть возводимы в общее правило.

Мы знаем, что большинство почв юга каштановой и севера бурой зоны солонцеваты в большей или меньшей степени, и если бы мы приняли то положение, что солонцовый тип формируется из солончакового, то пришлось бы предположить, что в прошлом значительная часть наших пустынных степей была покрыта почвами солончакового типа, для чего нет никаких оснований. Серая зона чрезвычайно богата солончаками, но солонцов там нет, так как нет достаточного промывания поверхностного горизонта, чтобы освободить его от избытка хлористых и сернокислых солей.

Несомненно одно, что при возрастании сухости климата количество растворимых солей, получающихся в результате процессов гумусообразования и выветривания и приносимых атмосферой и атмосферными осадками, возрастает в грунтах. Поэтому при прочих равных условиях мы находим в грунтах каштановой зоны больше солей, чем в грунте черноземной, а в грунтах бурой — больше, чем в грунтах каштановой. В тех климатических зонах, где при достаточной силе испарения растворимые натровые соли могут временами попадать из грунта в верхние горизонты почвы и где атмосферной влаги достаточно для того, чтобы не позволить этим солям надолго задерживаться в почвенных горизонтах, там постепенно должен развиваться солонцовый процесс. В тех климатах, где промывание почвы настолько берет перевес над под-

нятием влаги, что соли совсем не могут попадать в верхние горизонты почвы, солонцового процесса быть не может, как не может его быть и там, где промывных вод чересчур мало, чтобы противостоять накоплению солей в поверхностных горизонтах. Отсюда ясно, что смена солонцовой зоны Азиатской части СССР зоной солончаковой — явление вполне закономерное.

Что в каштановой зоне перегнойной почвы в достаточной мере насыщен ионом натрия, показывают недавние исследования А. Н. Соколовского, доложенные III Всероссийскому съезду почвоведов. С этим хорошо согласуются и соображения проф. В. В. Геммерлинга о большой дисперсности перегнойных почв по сравнению с перегноем черноземных почв.

Таким образом, с нашей точки зрения, формирование солонцов требует чередования двух фаз: поднятие натровых солей к поверхности и насыщение таким образом гумуса почвы ионом натрия и последующее удаление, с помощью промывания, хлора и серной кислоты. Идущее веками чередование этих процессов приводит к образованию солонца.

Такое представление, как нам кажется, в состоянии объяснить все те факты географии и топографии солонцовых почв, о которых говорилось раньше.

К сказанному необходимо добавить, что в природе не исключена возможность приноса натровых солей в котловины путем вымывания их с окружающих более высоких пунктов, а так как этот вынос представляет собой также явление периодическое, то и данный путь, по-видимому, не исключен в вопросе о генезисе солонцов.

Наконец, возможны, быть может, и такие случаи, когда натрий приносится в поверхностные горизонты почвы не в виде хлористого или сернокислого, но и в виде углекислого.

Корковые солонцы, как ясно видно из сообщенных выше аналитических данных, представляют стадию меньшего выщелачивания, что объясняется большей их засоленностью. То же нужно сказать и о глыбистых солонцах. У этих разновидностей соли так близки к поверхности, что выщелачивание может охватить лишь ничтожную часть гумусового горизонта.

По отношению к глубокостолбчатым солонцам нам кажется не вполне выясненным вопрос о том, какие именно соли натрия в природе чаще участвуют в формировании солонца: хлористые или сернокислые. По-видимому, больше оснований заподозрить участие последних, так как неоднократно отмечалось, что у столбчатых солонцов гипсовый горизонт располагается над карбонатным. Необходимо внимательно проследивать в солонцах солевые горизонты, определенно отмечая в каждом данном случае, имеются ли таковые горизонты или нет, и если имеются, то где они располагаются. Если же таких горизонтов нет, то желательно детальное исследование с помощью водных вытяжек состава солей на различных глубинах.

Было бы также интересно выяснить, поскольку является возможным замещение натрия калием. По сообщению проф. Геммерлинга, среди черноземной зоны Пензенской губернии солонцеватые почвы располагаются над глауконитовыми породами.

Чтобы закончить со столбчатыми солонцами, остановимся еще несколько на вопросах их деградации, которые наблюдаются весьма нередко в черноземной зоне и почти исчезают в каштановой.

Мы полагаем, что деградация может начаться лишь тогда, когда увеличивается количество влаги, промывающей поверхностные горизонты почвы. Это может произойти или благодаря углублению той западины, в которой залегают солонец, или благодаря поселению на поверхности солонца кустарников ивы или деревьев, собирающих снег и понижающих испарение с поверхности. Первые стадии такой деградации не представляют в строгом смысле подзолистого процесса. Это тот же солонцовый процесс, продвинувшийся несколько дальше. Но так дело происходит до тех пор, пока не исчезнет весь натрий, связанный с перегноем солонца. После этого процесс может пойти по подзолистому типу, особенно при условии зарастания солонца древесными породами. Для иллюстрации постепенного процесса деградации солонца приведем аналитические данные, полученные В. И. Искулем для образцов солонца, деградированного солонца и подзоловидной почвы, взятых из траншеи возле заимки у западного конца озера Данилова (Тюкалинско-Тарский район Тобольской губернии).

Исследователь дает следующую характеристику анализированных солонцов:

*Столбчатый солонец.*  $A_1$  — 12 см,  $A_2$  — 2 см,  $B_1$  — 9 см, С — легкий лёссовидный суглинок. Вскипание на глубине 40 см —  $A + B = 52$  см.

*Деградированный солонец.*  $A_1$  — 4—6 см,  $A_2$  — 3—7 см,  $B_1$  — 10 см,  $A + B = 44$  см, С — легкий суглинок со ржавыми пятнами.

*Подзоловидная почва.*  $A_1$  — 2—5 см,  $A_2$  — 6—11 см,  $B_1$  — 8 см,  $A + B = 38$  см, С — ржаво-бурый суглинок. Вскипания нет до глубины 140 см.

Определения гумуса, потери при прокаливании, воды и углекислоты [в %] дают следующие цифры (табл. 23).

Уже из этих цифр видно, что последняя почва еще не подзол в строгом смысле, так как она сохранила в горизонте  $B_1$  некоторое количество гумуса бывшего солонца, но в ней уже замечаются задатки будущего подзола. На это указывает накопление гумуса в горизонте  $A_1$ . Этот гумус уже не солонцовый, т. е. не насыщенный ионом натрия и в то же время не богатый и кальцием (см. данные водной вытяжки), т. е. обладающий свойством гумуса подзолистой почвы, а потому можно быть уверенным, что под влиянием этого нового гумуса в почве пойдет настоящий подзолистый процесс.

Таблица 23

Горизонт	Глубина, см	Гигроскопическая вода	Гумус	Химически связанная вода	Потери при прокаливании	CO <sub>2</sub>
Глубокостволчатый солонец						
A <sub>1</sub>	0-5	5,10	13,67	16,06	2,39	—
A <sub>2</sub>	12-14	3,95	8,91	10,66	1,75	—
B <sub>1</sub>	14-20	4,82	0,51	8,07	1,56	—
B <sub>2</sub>	40-50	4,66	1,14	3,87	2,73	7,93
C	85-95	4,14	0,13	3,11	2,38	6,81
Деградированный солонец						
A <sub>1</sub>	0-5	4,40	10,69	13,88	3,19	—
A <sub>2</sub>	5-10	1,39	2,19	3,19	1,00	—
B <sub>1</sub>	10-20	5,65	3,07	5,66	2,79	—
C	85-95	5,43	0,45	3,97	3,52	7,30
Подзоловидная почва						
A <sub>1</sub>	0-4	5,70	22,33	25,13	2,80	—
A <sub>2</sub>	5-10	0,84	0,31	1,81	1,50	—
B <sub>1</sub>	10-17	5,68	1,01	5,15	4,14	—
B <sub>2</sub>	25-35	5,18	0,82	4,51	3,69	—
C	85-95	4,18	0,22	3,34	3,12	—

Валовые анализы трех упомянутых почв дали такие результаты (табл. 24—26).

Глубокостволчатый солонец:

Таблица 24

[Валовое содержание, %]	A <sub>1</sub> (0-5 см)	A <sub>2</sub> (12-14 см)	B <sub>1</sub> (14-20 см)	B <sub>2</sub> (40-50 см)	C (85-95 см)
Потери при прокаливании	15,83	10,24	7,90	3,87	3,50
SiO <sub>2</sub>	64,74	70,53	64,21	55,28	57,52
TiO <sub>2</sub>	0,55	0,91	0,62	0,53	0,59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,89	9,57	14,97	11,09	10,58
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,00	3,91	5,93	5,04	5,47
MnO	0,05	0,16	0,38	0,30	0,41
CaO	1,37	1,54	1,44	12,08	10,18
MgO	1,27	1,32	1,75	1,21	2,31
K <sub>2</sub> O	1,44	0,82	1,18	—	1,09
Na <sub>2</sub> O	1,11	0,50	0,85	—	0,97
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,20	0,11	0,09	—	0,09
SO <sub>3</sub>	0,69	0,21	0,24	0,34	0,59
CO <sub>2</sub>	—	—	—	7,93	6,81

Деградированный солонец:

Таблица 25

[Валовое содержание, %]	A <sub>1</sub> (0—5 см)	A <sub>2</sub> (5—10 см)	B <sub>1</sub> (10—20 см)	C (85—95 см)
Потери при прокаливании	13,64	3,27	6,05	4,11
SiO <sub>2</sub>	63,25	79,09	67,31	56,29
TiO <sub>2</sub>	0,63	1,05	0,84	0,62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,74	9,44	14,14	9,03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,99	2,93	5,57	5,52
MnO	0,15	0,09	0,40	0,25
CaO	1,63	1,06	1,19	10,53
MgO	0,94	0,64	1,58	1,90
K <sub>2</sub> O	1,95	1,30	1,50	1,38
Na <sub>2</sub> O	0,52	0,97	1,09	1,91
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,16	0,05	0,04	0,07
SO <sub>3</sub>	0,44	0,18	0,38	0,64
CO <sub>2</sub>	—	—	—	7,30

Подзоловидная почва:

Таблица 26

[Валовое содержание, %]	A <sub>1</sub> (0—4 см)	A <sub>2</sub> (5—10 см)	B <sub>1</sub> (10—17 см)	B <sub>2</sub> (25—35 см)	C (85—95 см)
Потери при прокаливании	24,26	1,87	5,66	4,51	3,49
SiO <sub>2</sub>	61,61	83,12	63,87	65,24	73,36
TiO <sub>2</sub>	0,64	0,93	0,81	0,60	0,69
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,22	8,36	19,03	16,24	11,71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,15	2,03	5,02	6,99	4,43
MnO	0,09	0,08	0,18	0,25	0,19
CaO	1,21	1,07	0,90	0,88	1,46
MgO	0,65	0,30	1,87	1,70	1,09
K <sub>2</sub> O	0,61	1,32	1,93	1,96	1,79
Na <sub>2</sub> O	0,37	0,45	0,44	0,90	0,68
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	0,03	0,11	Сл.	Сл.
SO <sub>3</sub>	1,26	0,28	0,26	0,31	0,73

Неполные водные вытяжки из тех же образцов — табл. 27 [в %].

Таблица 27

Горизонт	Глубина, см	Сухой остаток	Прокаленный остаток	Общая щелочность	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Cl	SO <sub>3</sub>	Растворимый гумус	CaO	MgO	Цвет
Столбчатый солонец													
A <sub>1</sub>	0-5	0,214	0,091	0,003	-	-	-	0,004	-	0,049	Сл.	-	Светло-желтый
A <sub>2</sub>	12-14	0,252	0,126	0,043	-	-	-	0,011	-	0,057	»	-	Красновато-бурый
B <sub>1</sub>	14-20	0,463	0,295	0,082	-	0,101	0,012	0,039	-	0,069	»	Сл.	Темно-бурый
C	85-95	0,542	0,512	0,100	0,143	0,074	0,039	0,158	0,075	0,001	Сл.	-	Бесцветный
Деградированный солонец													
A <sub>1</sub>	0-5	0,204	0,074	0,020	-	-	-	0,005	-	0,047	»	-	Ярко-желтый
A <sub>2</sub>	5-10	0,120	0,057	0,019	-	-	-	0,001	-	0,019	»	-	Интенсивно-оранжевый
B <sub>1</sub>	10-20	0,308	0,212	0,034	-	-	-	0,008	-	0,029	»	Сл.	Буро-желтый
C	85-95	0,501	0,475	0,089	-	0,103	0,018	0,086	0,151	0,005	»	-	Бесцветный
Подзоловидная почва													
A <sub>1</sub>	0-4	0,268	0,058	0,008	-	-	-	0,001	-	0,087	»	-	Ярко-желтый
A <sub>2</sub>	5-10	0,054	0,020	0,005	-	-	-	0,001	-	0,016	»	-	Зеленовато-желтый
B	10-17	0,181	0,134	0,014	-	-	-	0,003	-	0,017	»	Сл.	Сильно-желтый

*Примечание.* В столбчатом солонце найдены полуторные окислы в значительном количестве в горизонтах A<sub>2</sub> и B<sub>1</sub>. В деградированном солонце довольно значительное количество полуторных окислов найдено в горизонте B<sub>1</sub> (10-20 см). При кипячении выпадают белые хлопья. В подзоловидной почве полуторные окислы найдены в значительном количестве в горизонте B<sub>1</sub> (10-17 см). Это, быть может, также свидетельствует о том, что мы имеем в горизонте B<sub>1</sub> реликт солонца.

## ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОЛОНЧАКОВ

Закончив с вопросами о генезисе солонцов и их превращении в почвы подзоловидные и подзолистые, переходим к химическим свойствам солончаков Азиатской части СССР и остановимся прежде всего на солончаках подзолистой зоны (Якутия). Водные вытяжки из этих солончаков (табл. 28) дают такие цифры [в %]:

Таблица 28

Глубина, см	Сухой остаток	Прока- ленный остаток	Общая щелоч- ность	Раство- римый гумус	Cl	SO <sub>3</sub>	CaO	MgO
----------------	------------------	-----------------------------	--------------------------	---------------------------	----	-----------------	-----	-----

Солончаки из долины Лены (Г. И. Доленко)  
№ 5а

Налеты	13,690	13,120	0,068	0,035	0,523	6,956	0,652	Много
0-2	2,599	2,342	0,039	0,009	0,234	1,152	0,363	»
2-13	5,560	3,230	0,039	0,024	0,287	1,652	0,352	»
20-30	2,356	2,143	0,021	0,006	0,396	0,913	0,443	»
40-50	0,679	0,624	0,027	0,002	0,265	0,119	0,016	Сл.
60-70	0,478	0,351	0,017	0,003	0,226	0,076	0,019	»

№ 97

0-1	4,161	3,454	0,031	0,038	1,111	0,800	0,585	Нет
2-8	4,446	4,024	0,020	0,023	1,401	0,738	0,672	»
13-20	4,414	4,362	0,018	0,019	0,883	0,738	0,658	»
30-40	0,858	0,553	0,025	0,009	0,402	0,047	0,081	»

Солончаки водораздела между Якутском и Вилуйском (Р. И. Аболин)  
№ 60

317	2,712	2,128	0,095	0,109	0,055	Гр. кол-во	Гр. кол-во	Много
318	2,056	1,080	0,049	0,042	0,052	»	»	»
319	1,242	0,922	0,073	0,044	0,061	»	Много	»
320	0,698	0,468	0,084	0,039	0,027	Много	Значит. кол-во	Ясно заметные сл.

№ 62

69	1,722	1,409	0,056	0,032	0,184	Очень много	Очень много	Много
70	1,108	0,906	0,070	0,027	0,113	Гр. кол-во	»	»
71	0,763	0,627	0,033	0,014	0,046	»	»	»
72	0,404	0,312	0,051	0,017	0,046	»	Значит. кол-во	»
73	1,035	0,838	0,029	0,015	0,038	»	Оч. много	Сл.

Таблица 29

Почва	Глубина, см	Сухой остаток	Прокла- ленный остаток	Щелоч- ность HCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>3</sub>	CaO	MgO	Раствор- имый гумус	Цвет
Болотно-солонча- ковая № 11	0-52	1,464	0,738	0,122	Нет	0,008	Много	Значит. кол-во	Ясные сл.	0,326	Черный
	11-17	0,434	0,374	0,203	»	0,002	»	Сл.	Нет	0,021	Желто-бурый
	20-26	0,220	0,194	0,152	0,0445	0,002	»	Нет	»	0,007	Слабо-зеленый
	40-46	0,183	0,163	0,109	0,0127	0,003	»	»	»	0,006	Бесцветный
Болотно-солонча- ковая № 157 у разреза № 14	4-10	0,364	0,156	0,099	Нет	0,008	Ясные сл.	Сл.	»	0,048	Интенсивно- красный
	11-17	0,272	0,144	0,074	»	0,014	Значит. кол-во	»	»	0,035	Ярко-желтый
	33-39	0,154	0,126	0,037	»	0,022	»	Ясно за- метное кол-во	»	0,004	Бесцветный
	88-95	0,091	0,069	0,054	»	0,008	Ясные сл.	»	»	0,002	»
Карбонатно-со- лончаковая № 84 у разреза № 26	0-10	0,214	0,118	0,035	»	0,002	»	Ясные сл.	Сл.	0,035	Желто-бурый
	47-52	0,344	0,226	0,129	0,0191	0,008	Много	Сл.	Нет	0,011	Желтый
	66-70	0,216	0,187	0,107	0,0318	0,006	Значит. кол-во	»	»	0,004	Бесцветный
	100-104	0,132	0,112	0,076	0,0159	0,002	Ясные сл.	»	»	0,003	»

Таблица 29 (окончание)

Почва	Глубина, см	Сухой остаток	Прокла- ленный остаток	Щелоч- ность НСО <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>3</sub>	CaO	MgO	Раство- римый гумус	Цвет
Солончак № 125 между ст. Кара- силь и разъез- дом № 17	Корка	1,383	1,124	0,110	Нет	0,008	Большое кол-во	Ясные сл.	Сл.	0,032	Слабо-бурый
	3-11	2,240	2,169	0,162	0,037	0,009	»	»	»	0,045	Буро-желтый
	18-23	1,296	1,352	0,199	0,090	0,017	»	»	»	0,025	Желто-зеленый
	32-38	1,828	1,775	0,184	0,092	0,016	»	»	»	0,023	Красно-желтый
	78-85	0,621	0,601	0,153	0,025	0,002	Много	Сл.	Нет	0,007	Бесцветный
255 Солончак № 88 у ст. Мангут	0-12	1,265	1,081	0,040	Нет	0,251	Оч. много	Оч. много	Много	0,048	Оранжево-жел- тый
	24-32	0,142	0,116	0,032	»	0,040	Ясные сл.	Ясно заметно	Сл.	0,016	Бесцветный
	37-47	0,102	0,082	0,051	»	0,011	Сл.	»	Нет	0,008	»
	84-95	0,077	0,063	0,043	»	0,007	Ничтожн. сл.	»	»	0,008	»
Солончак № 86 у разъезда № 26	0-12	5,241	4,318	0,029	»	0,488	Большое кол-во	Большое кол-во	Зна- чит. кол-во	0,023	Слабо-зеленова- то-желтый
	20-26	2,650	1,901	0,034	»	0,133	»	»	»	0,012	Бесцветный
	37-45	1,841	1,668	0,022	»	0,152	»	»	Ясно замет- но	0,011	»
	49-53	1,672	1,485	0,023	»	0,144	»	»	»	0,011	»
	59-79	0,601	0,556	0,039	0,0021	0,107	»	Ясно заметно	Сл.	0,014	»

Приведенные цифры говорят за то, что солончаки Якутии достаточно разнообразны по составу своих солей (№ 5а), принадлежат к группе *сульфатных* солончаков, где хлориды играют очень подчиненную роль. Среди сульфатов преобладает, по-видимому, сернокислый натрий, хотя наряду с ним имеются гипс и сернокислый магний. № 60 и 62 принадлежат также к группе сульфатных, где сернокислые соли кальция и магния играют, по-видимому, более заметную роль. Наконец, № 97 принадлежит к группе *смешанных* солончаков с преобладанием хлоридов; сульфаты здесь представлены преимущественно гипсом.

Табл. 29 характеризует состав растворимых солей в солончаках *черноземной зоны* [данные водной вытяжки в %].

Рассматривая цифровые данные этой таблицы, нетрудно видеть, что совершенно чистого *карбонатного солончака* среди анализированных почв нет, так как почва, названная этим именем, все же содержит заметное количество сернокислых солей. Последние состоят главным образом из сернокислого натра, так как в том горизонте, где обнаружено наибольшее количество серной кислоты, нет ни извести, ни магнезии. Гипс в данном образце присутствует, по-видимому, в небольшом количестве только в самом поверхностном горизонте. Солончак между ст. Карасуль и разездом № 17 также принадлежит к группе карбонатно-сульфатных солончаков и содержит, как и предыдущий, сульфаты в виде сернокислого натра и гипса. Солончак у ст. Мангут сложнее по составу, так как, кроме громадного количества сульфатов, содержит в поверхностном горизонте довольно значительное количество хлористых солей; если весь хлор связан с натрием, то в поверхностном горизонте мангутского солончака содержится 0,42% NaCl. Сернокислые соли слагаются в данном случае главным образом гипсом и сернокислым магнием. Интересно, что и другой солончак галоидно-сульфатной группы (№ 86), гораздо более богатый хлоридами, чем предыдущий образец, содержит наряду с гипсом значительное количество сернокислого магния.

Общая щелочность местных солончаков иногда довольно велика, она понижается резко в тех случаях, где наблюдается большое количество хлоридов и сульфатов (№ 86, 88). Наряду с бикарбонатами, играющими здесь главенствующую роль, почти всюду присутствуют и нормальные карбонаты.

В дополнение к водным вытяжкам солончаковых почв черноземной зоны приведем ряд данных (табл. 30), касающихся распределения в солончаках гигроскопической воды, гумуса и углекислоты [в %]. Из этих данных видно, что солончаки в большинстве случаев богаты гумусом и углесолями. Наименьшее количество гумуса свойственно солончакам, наиболее засоленным, так как в этих случаях растительный покров не настолько мощен, чтобы дать много материала для образования гумуса.

Карбонаты в солончаках встречаются уже с поверхности, причем на небольших сравнительно глубинах наблюдаются значи-

Таблица 30

Почва	Глубина, см	Гигроскопическая вода	Гумус	Потери при прокаливании	CO <sub>2</sub>
Болотно-солончаковая № 11	0-5	5,20	8,14	9,37	1,11
	11-17	3,76	—	—	0,37
	20-26	2,75	—	—	5,04
	40-46	3,38	—	—	1,98
	55-61	3,90	—	—	5,32
	75-80	4,45	—	—	6,14
Болотно-солончаковая № 157	4-10	5,32	8,88	10,67	Не опр.
	11-17	6,84	—	—	0,85
	88-95	6,02	—	—	5,46
Карбонатно-солончаковая № 84	0-10	6,32	12,02	14,84	Не опр.
	47-52	7,00	—	—	2,23
	66-70	5,66	—	—	7,39
	100-104	2,96	—	—	3,69
Солончак № 125	Корка	1,46	1,83	2,61	1,26
	3-11	4,63	3,70	7,13	2,77
	18-23	6,72	2,41	6,01	3,49
	32-38	5,54	0,42	2,81	7,59
	78-85	4,85	—	—	2,73
Солончак № 88	0-12	8,91	12,13	14,56	0,83
	24-32	5,69	—	—	0,67
	37-47	6,72	—	—	4,98
	84-95	5,17	—	—	5,22
Солончак № 86	0-12	8,68	9,85	10,95	0,49
	20-26	6,65	—	—	1,63
	37-45	8,36	—	—	2,85
	49-53	7,40	—	—	3,07
	59-72	3,86	—	—	8,63

тельные их скопления. Если всю углекислоту перечислить на углекислую известь, что, конечно, не вполне точно, так как, вероятно, что среди карбонатов находится и некоторое количество углекислого магния, то максимальное количество карбоната кальция, найденное в анализированных солончаках, определится в 19,15% (в образце № 86 на глубине 59—72 см). Это количество не очень велико, хотя и превышает несколько те средние величины (15—16%), которые характеризуют карбонатные горизонты черноземных почв равнинной России.

Переходим к солончакам каштановой зоны. В табл. 31 приводятся данные водной вытяжки [в %].

Таблица 31

Глубина, см	Сухой остаток	Прокаленный остаток	Общая щелочность	Растворимый гумус	Cl	SO <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O
Мокрый солончак Тургайского уезда № 22 (Ф. И. Левченко)									
Корка	51,877	51,484	0,140	0,028	0,006	29,08	0,052	Сл.	20,82
0-20	2,043	1,860	0,097	0,009	0,023	0,977	0,038	—	0,735
Луговой солончак № 32 (Ф. И. Левченко)									
0-8	0,319	0,185	0,051	0,024	0,009	0,070	—	Сл.	—
8-30	0,842	0,687	0,055	0,014	0,071	0,317	0,056	»	—
35-60	2,498	2,228	0,026	0,002	0,248	1,081	0,295	»	—
Солончак Атбасарского уезда № 14 (Г. М. Тумин)									
0-1	4,514	—	0,020	0,036	1,353	1,011	—	—	—
1-5	2,006	—	0,020	0,016	0,850	0,229	—	—	—
18-23	2,260	—	0,018	0,008	0,229	0,969	—	—	—
40-45	3,119	—	0,016	0,007	0,531	1,136	—	—	—

Для этих же почв (табл. 32) имеются следующие определения [в %]:

Таблица 32

	Глубина, см	Гигроскопическая вода	Гумус	Потери при прокаливании	Химически связанная вода	CO <sub>2</sub>
№ 22	Корка	0,86	—	—	—	1,50
	0-20	2,49	1,12	5,43	1,83	1,45
№ 32	0-8	4,93	6,23	16,34	5,18	0,17
	8-30	5,14	3,76	14,21	5,37	1,66
	35-60	4,06	0,25	7,33	3,02	11,48
№ 14	0-1	4,19	5,73	9,50	—	—
	1-5	4,70	4,19	7,62	—	—
	18-23	5,72	—	—	—	—
	40-45	6,57	—	—	—	—

Первый из анализированных солончаков является чисто *сульфатным*, содержа почти исключительно сернонатриевую соль, последний — *смешанным* — с хлористыми и сернокислыми солями.

В луговом солончаке, в котором сульфаты преобладают над

хлоридами, соли распределяются несколько иначе, чем у других солончаков: поверхностные горизонты их слабо засолены, но уже на небольшой глубине соли находятся в значительных количествах.

Гумуса в солончаках каптановой зоны заметно меньше, чем в солончаках черноземной зоны; даже луговые солончаки содержат в поверхностном горизонте немного более 6% гумуса.

Приведем теперь некоторые аналитические данные [в %] для солончаковой бурой зоны (табл. 33).

Таблица 33

Глубина, см	Сухой остаток	Минеральный остаток	Общая щелочность	Cl	SO <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO
Пухлый солончак Семипалатинской области (Л. В. Абуцьков)								
Корочка	15,161	14,827	0,0855	0,0184	8,259	—	—	—
1,5—2	4,756	4,376	0,034	0,987	1,933	—	—	—
61—67	0,544	0,491	0,045	0,115	0,175	—	—	—
Пухлый солончак Ленсиньского уезда (Л. И. Прасолов)								
Корка	6,106	6,064	0,104	0,017	Оч. много	Много	Много	Сл.
1—3	8,484	8,37	0,067	0,179	»	»	»	Много
3—13	3,635	3,531	0,168	0,092	»	»	»	Ясные сл.
Солончак Пржевальского уезда (Л. И. Прасолов)								
0—1	11,535	11,331	0,044	0,151	6,255	Есть	Много	Много
1—10	7,626	7,403	0,034	0,688	3,413	»	»	Оч. много
60—70	3,543	3,321	0,018	0,390	1,540	Сл.	—	Много

Все горизонты второго солончака содержат в небольших количествах нормальные карбонаты (0,016; 0,007; 0,045).

Для солончака серой зоны (Самаркандская область, русло Узьяка; данные Н. А. Димо) сообщим в табл. 34 следующие данные [в %].

Для того же образца (табл. 35) имеются следующие определения [в %].

Чтобы закончить с химическим составом солончаков, приведем еще анализ водной вытяжки [в %] *пухлого* солончака (табл. 36) Сыр-Дарьинской области (С. С. Неуструев).

Как видно из приведенных данных, пухлый горизонт солончака содержит преимущественно серноокислый натрий, кристаллизации которого в виде глауберовой соли, содержащей большое количество кристаллизационной воды, этот вид солонца обязан рыхлостью и сухостью своего пухлого горизонта.

Таблица 34

Глубина, см	Сухой остаток	Минеральный остаток	Общая щелочность	Cl	SO <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO
0-2	14,244	13,536	0,035	2,171	5,685	—	0,316	0,339
3-8	5,116	4,820	0,019	0,795	2,002	—	0,274	0,102
15-20	2,728	2,512	0,016	0,375	1,099	—	0,290	0,064
45-55	2,696	2,520	0,016	0,302	1,175	—	0,292	0,090
60-70	2,214	2,038	0,013	0,162	1,047	—	0,294	0,066
75-85	1,320	1,212	0,011	0,055	0,643	—	0,328	0,048
100-110	1,332	1,196	0,016	0,063	0,640	—	0,330	0,047
125-135	1,338	1,192	0,016	0,055	0,649	—	0,318	0,047
150-160	0,740	0,668	0,019	0,139	0,256	—	0,040	0,027
Грунтовая вода на глубине 165 см								
В 1 л	8,105	7,290	0,1056	1,794	2,643	—	0,470	0,439

Таблица 35

Глубина, см	Гигроскопическая вода	CO <sub>2</sub>	MgO, раствор. в уксусной кислоте	SO <sub>3</sub> , раствор. в соляной кислоте
0-2	2,71	11,95	1,52	7,07
3-8	3,15	4,64	1,39	3,08
15-20	3,95	10,83	1,43	3,75
45-55	8,67	3,52	1,75	15,04
60-70	10,49	5,67	1,56	20,37
75-85	11,74	5,51	1,35	22,73
100-110	15,02	2,79	1,23	30,14
125-135	14,80	5,03	1,14	29,37
150-160	4,09	10,63	1,58	1,02

Таблица 36

Глубина, см	Сухой остаток	Прокра-ленныей остаток	Общая щелочность	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Cl	SO <sub>3</sub>
Корочка	0,813	0,802	0,056	0,001	0,040	0,001	0,011	0,299	0,007	0,430
1-4	5,369	5,303	0,042	0,002	0,113	0,008	0,025	2,094	0,031	2,948
10-20	1,982	1,887	0,026	0,0004	0,111	0,034	0,029	0,738	0,581	0,543
103-110	0,790	0,780	0,034	0,001	0,011	0,008	0,008	0,358	0,267	0,334
130-140	0,378	0,377	0,037	0,002	0,005	0,005	0,006	70,188	0,133	0,815

## ПОЧВЫ КИРГИЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ \*

Киргизские степи начали посещаться исследователями с конца XVIII столетия (Паллас), и до конца XIX столетия мы могли бы насчитать десятки имен, посетивших с той или иной целью эти обширные пространства. Специально почвами никто из этих исследователей не интересовался, однако в целом ряде работ можно найти попытки так или иначе характеризовать почвенный покров отдельных частей Киргизской степи. Мы не задаемся здесь целью дать сколько-нибудь полную сводку данных старых исследователей.

Они дают лишь некоторое представление о границах черноземной зоны Киргизской степи. Каковы местные черноземы, сколько существует здесь климатических вариантов чернозема, какова их морфология, каковы по своей морфологии спутники чернозема (деградированные почвы, солонцы, солончаки), как все эти почвы связываются с элементами рельефа — остается почти совершенно невыясненным.

Еще меньше представление получается о пространствах, лежащих к югу от черноземной зоны. Какие там почвы, из сообщенных литературных данных не видно. Неизвестно, одна ли там почвенная зона или больше. Неясно, что понимается под солонцами или солончаковыми степями, каким морфологическим картинам соответствуют солонец и солончак, чем *солончаковая почва* отличается от *соров* и *такыров*. Совершенно нет картины почвенного покрова.

Изучение почвенного покрова Киргизской республики [совр. Казахстан.—*Ред.*] значительно продвинулось вперед в период 1908—1914 гг., когда ее территория во многих участках, а иногда и в довольно обширных районах подверглась частью рекогносцировочному, частью детальному обследованию почвенными экспедициями Переселенческого управления, находившимися под руководством пишущего эти строки. Наряду с работами этих экспедиций почти в то же время появились и некоторые другие исследования, освещавшие вопрос о почвенном покрове отдельных маршрутов или отдельных районов в области Киргизских степей.

---

\* Опубликовано в 1923 г. в Оренбурге. Печатается только географическая часть работы.

Из числа таких работ отметим статью Н. М. Тулайкова (1907), давшего описание маршрута Актюбинск — Тургай — Акмолинск — Семипалатинск; И. Л. Орлова (1908), характеризовавшего почвы Атбасарского уезда; Н. А. Лебедева (1908), писавшего о почвенно-сельскохозяйственных условиях Акмолинской области; С. С. Неуструева и А. И. Безсонова (1908), характеризовавших почвенный покров по линии Семипалатинск — Верный, и С. К. Чаянова (1910), работавшего на Темирском опытном поле.

Почвенным экспедициям Переселенческого управления удалось обследовать многие площади в Уральской, Тургайской, Акмолинской и Семипалатинской областях, наметить при этом обследовании границы почвенных зон и изучить не только морфологические, но и химические свойства главнейших типов и разновидностей почв, встречающихся в пределах Киргизских степей.

Материалами, добытыми означенными экспедициями, я и буду пользоваться в дальнейшем изложении. К сожалению, не все эти материалы удалось обработать в одинаковой мере, многое осталось не изученным в лаборатории, для многих районов мы имеем только предварительные отчеты исследователей, кое-что осталось еще не опубликованным и едва ли скоро дождется опубликования. Все эти материалы, в том числе и некоторые неопубликованные (главным образом аналитические), я постараюсь использовать в данном очерке, который, надеюсь, дает все же достаточно представление о почвенном покрове Киргизского края, о его географических закономерностях, о его сложных почвенных комплексах и, наконец, о химических особенностях слагающих его почвенных типов и разновидностей.

По той части Оренбургской губернии, которая вошла в состав Киргизской республики, я воспользуюсь результатами новейших исследований, которые были здесь произведены в последние годы под руководством С. С. Неуструева.

Прежде чем перейти к изложению результатов, добытых почвенными экспедициями, отметим те районы Киргизского края, которые подверглись маршрутному или детальному исследованию.

Самый большой район был охвачен рекогносцировочными маршрутами Б. А. Скалова (1909). Этот район обнимает целиком или частью уезды Уральский, Лбищенский, Иргизский, Темирский, Тургайский и Актюбинский. Все остальные районы занимают значительно меньшие площади, но зато подверглись более детальному обследованию.

Таковыми районами являются:

в Тургайской области: первая Наурзумская волость Тургайского уезда (исследователь Б. А. Скалов), вторая Наурзумская волость (исследователь Ф. И. Левченко), части Тусунской и Майкаренской волостей (исследователь Ф. И. Левченко), Кустанайские степи (исследователь М. Ф. Короткий), Киргизский район (исследователь Н. Д. Емельянов), часть Тургайского уезда между 48 и 50° с. ш. (исследователь М. В. Яхонтов);

в Акмолинской области: Петропавловско-Кокчетавский район между  $54^{\circ} 30'$  и  $51^{\circ} 48'$  с. ш. (исследователь А. Я. Райкин), Омско-Кокчетавский район (исследователь В. И. Искюль), Кушмурунская волость Петропавловского уезда (исследователь Л. В. Абутьков), юг Атбасарского уезда (исследователь Г. М. Тумин), часть Акмолинского уезда, между реками Кон и Сары-су (исследователь А. Н. Стасевич), степь Ак-дала и часть Атбасарского уезда к югу от  $50^{\circ}$  с. ш. (исследователь Л. В. Абутьков), северо-восточная часть Акмолинского уезда между  $52^{\circ} 10'$  и  $48^{\circ} 20'$  с. ш. (исследователь В. И. Искюль);

в Семипалатинской области: Павлодарский уезд (исследователь М. И. Рожанец), южная часть Семипалатинского уезда (исследователь А. И. Хаинский), часть Каркаралинского уезда (исследователь Г. М. Тумин), северо-западная часть Каркаралинского уезда (исследователь М. И. Рожанец), Зайсанский уезд (исследователь Л. И. Прасолов), долина р. Кальджира (исследователь Л. В. Абутьков). Кроме того, некоторые части области были охвачены Д. А. Драницыным, изучавшим соседние степи юга Томской губернии.

Перечисленные экспедиции распределялись таким образом, чтобы проследить границы между *черноземной* и *каштановой* зонами, между *каштановой* и *бурой* и отчасти между *бурой* и *серой* (Иргизский район).

В пределах Киргизской республики встречаются следующие почвенные зоны, постепенно сменяющие друг друга, по мере движения с севера на юг: 1) черноземная; 2) каштановая; 3) бурая и 4) серая или белоземная, заходящая сюда своими северными частями. Иначе говоря, Киргизский край слагается степными и пустынно-степными пространствами. Лесные формации со свойственными им почвами подзолистого типа проникают сюда или по песчаным пространствам, как Наурзум-Карагай, Аман-Карагай в Тургайской области, Северный бор — в Семипалатинской области, или по пониженным частям (котловинам, степным блюдцам) в черноземной по преимуществу части края, или, наконец, по вершинам горных массивов (Кокчетавские горы, горные кряжи Каркаралинского, Зайсанского уездов и пр.).

Растительность степных пространств Киргизской равнины меняет свою физиономию по мере движения на юг. Мы встречаем здесь все переходы от лугово-степных до полынных покровов (ковыльно-злаковая, ковыльно-типчаковая, типчаково-полынная и пр.).

*Черноземная зона* представлена разностями обыкновенного среднего чернозема и южного чернозема; последний имеет более широкое распространение, так как его подзона целиком входит в состав описываемой территории, а первый заходит сюда преимущественно южной частью своей подзоны. Черноземная зона тянется по Кустанайскому уезду Тургайской области, Петропавловскому, Кокчетавскому, отчасти Атбасарскому и Омскому уездам

Акмолинской области и Павлодарскому уезду Семипалатинской области. Южная граница черноземной зоны делает заметный изгиб к югу против возвышенностей Кокчетавского уезда. На восток, как и на запад отсюда, она поднимается несколько севернее. Так в Тургайской области эта граница идет приблизительно около  $53^{\circ}—53^{\circ}30'$  с. ш., к северу от Атбасара она отмечается под  $52^{\circ}5'$ , а восточнее Кокчетавы опять поднимается к  $53^{\circ}$ . По-видимому, здесь сказывается влияние Кокчетавского горного массива.

Южный чернозем Киргизского края по своей морфологии довольно близок к таковому же чернозему Европейской России, в частности Донской области, где он был достаточно подробно изучен К. К. Никифоровым (1916). Что же касается обыкновенного чернозема, то он нередко уклоняется от того типа обыкновенного чернозема, который установлен для Центральной России. Уклонение выражается в слабой структурности (зернистости) киргизских черноземов, что, впрочем, в одинаковой мере свойственно западносибирскому чернозему вообще. Ослабление структуры стоит в связи с большей засоленностью материнских пород местного чернозема, чем это наблюдается в Европейской России. Это же засоление является причиной того, что среди западноазиатских черноземов в гораздо большей степени развиты солонцы и солончаки, чем среди черноземов европейских. Азиатским черноземам свойственна также иногда резко выраженная трещиноватость, которая влечет за собой развитие гумусовых языков, иногда глубоко внедряющихся в материнскую породу. Это свойство стоит, по-видимому, в связи с усиливающейся континентальностью климата, но несомненно, что проявлению трещиноватости очень сильно способствует отсутствие структуры, так как трещины гораздо легче образуются в бесструктурных массах, чем в структурных. Доказательством правильности последнего является обычная трещиноватость уплотненных горизонтов солонцов и солонцеватых почв.

Солонцы черноземной зоны принадлежат к группе глубоко-столбчатых с хорошо округленными, конусообразными верхушками и частью к группе призматических, хотя встречаются и комковатые или глыбистые и корковые солонцы. Первая из названных разновидностей особенно характерна для черноземной зоны и очень редко в таких резких формах встречается в других зонах. Комковатые и корковые солонцы, не являясь типичными для черноземной зоны вообще, появляются здесь как результат высокого засоления грунтов.

Кроме солонцов и солончаков среди черноземов попадаются и почвы *подзолистого типа*. Последние являются или результатом деградации чернозема, или продуктом выщелачивания солонца. В последнем случае процесс подзолообразования в строгом смысле начинается только тогда, когда вымыт весь натрий, который был поглощен гумусом солонца.

Черноземная зона в пределах Киргизского края занимает относительно небольшую площадь по сравнению с почвами пустынно-степных зон, которые, безусловно, здесь господствуют.

Кроме чернозема равнинных просторств, в северо-западной части края (Актюбинский уезд) и особенно в юго-восточном его углу (Каркаралинский, Семипалатинский, Зайсанский уезды) черноземы встречаются в качестве представителя вертикальных почвенных зон. Тут находятся и южные черноземы, и обыкновенные, и выщелоченные, а местами, быть может, и мощные. Однако площади, занимаемые этими горными черноземами, в общем невелики.

Наибольшая часть площади Киргизского края занята почвами каштановой зоны, которая здесь имеет две подзоны: северную — темно-каштановую и южную — светло-каштановую.

Огромное большинство почв этой зоны должно быть отнесено к группе *солонцеватых*. Под последним термином понимаются такие почвы, у которых более или менее ясно выражена разница в сложении, плотности и цветовом оттенке двух верхних горизонтов (А и В). Горизонт А рыхлый (слоеватый, скрытословеватый, ячеистый, реже зернистый) и более светлой окраски, а горизонт В плотный (столбчатый, призматический, комковатый) и более темной окраски. Когда эти различия наиболее резко выражены, получается солонец, при наименьшей выраженности — слабосолонцеватая почва. Промежуточное положение занимают солонцеватые почвы.

Наиболее широкое распространение в каштановой зоне получают *слабосолонцеватые* почвы и только в южных частях этой зоны начинают выступать на первый план почвы *солонцеватые*. Такой порядок, понятно, относится только к равнинным районам. Там, где внедряются в каштановую зону горные хребты, как это имеет место на юге Семипалатинской области, обстановка в значительной мере может изменяться.

Карбонатные разности слабосолонцеватых почв особенно широкое развитие имеют в Тургайской и в западной части Акмолинской области, как это мы уже видели выше (Кустанайский, Тургайский, юг Петропавловского и Атбасарский уезды), но встречаются и в других местах, в частности и в Семипалатинской области. В последней, по-видимому, чаще встречаются те разности, у которых нижняя часть горизонта А получает слабозернистую структуру. Вообще следует отметить, что на сильнокарбонатных материнских породах *солонцеватость* значительно ослабевает.

По механическому составу слабосолонцеватые почвы бывают суглинистыми, супесчаными, песчаными и хрящеватыми. Хрящеватые разности приурочиваются к областям с горным или сопочным рельефом. Особенно широко развиты на юго-востоке Акмолинской и на юге Семипалатинской областей, но попадаются и в других местах, где среди каштановой зоны встречаются горные

кряжи или даже небольшие возвышенности (Мугоджарские, Губерлинские горы, Улутау и др.).

Песчаные почвы каштановой зоны нередко бывают резко солонцеваты и даже богаты солонцами. По-видимому, это наблюдается там, где поверхностные пески сравнительно неглубоко подстилаются соленосными глинами.

В каштановой зоне настоящие *столбчатые* солонцы с конусообразными верхушками почти не встречаются. В лучшем случае вершины столбов горизонта В<sub>1</sub> слабо закруглены. Призматические солонцы встречаются чаще, чем в черноземной зоне. Степень закругления столбиков указывает на энергию процессов вымывания, и понятно, что там, где выпадает больше влаги, вымывание идет более энергично.

Почвы без всяких признаков солонцеватости в каштановой зоне Кыргызского края представляют редкое явление и встречаются отдельными пятнами, приурочиваясь к мощным толщам рыхлых наносов, к более влажным северным склонам и пр., вообще к таким местам, где поднятие к поверхности натровых солей в силу тех или иных причин оказывается невозможным, даже в виде временного процесса.

Отдельными пятнами попадаются в каштановой зоне и подзолистые почвы, находящиеся под основными борами, каковы Наурузум-Карагай, Аман-Карагай и пр.

Местами пески, подвергаясь эоловым процессам, образуют барханы.

Почвы каштановой зоны встречаются не только как представители горизонтальных, но и как составные элементы вертикальных почвенных зон. Таковы почвы каштановой зоны в предгорьях и на горных склонах на юге Семипалатинского, в Каркаралинском и Зайсанском уездах.

*Бурая зона* в пределах Кыргызского края занимает достаточно большие пространства, распространяясь по преимуществу в западной, более равнинной ее части и заходя сравнительно меньшими площадями в восточную часть (Зайсанский уезд). Северная граница этой зоны проходит приблизительно около 48 параллели, отступая от последней то к северу, то к югу в зависимости от условий рельефа. Переход между каштановой и бурой зонами совершается весьма постепенно, как и между черноземной и каштановой.

Особенностью, отмечающей разрезы слабосолонцеватых почв бурой зоны, является существование переходного горизонта А<sub>2</sub> — А<sub>1</sub>, связывающего листовато-чешуйчатый горизонт А с комковатым горизонтом В.

Солонцеватость усиливается в северной части бурой зоны, достигая здесь, по-видимому, максимума своего проявления. Преобладающим элементом почвенного покрова являются здесь солонцеватые почвы и глубокостолбчатые солонцы; слабосолонцеватым почвам тут уже принадлежит второе место. Структурные

солонцы выражены по преимуществу призматическими разно-  
стями.

В *светло-бурой* подзоне наблюдается уже ослабление *солонцеватости*. Здесь господство вновь приобретают слабосолонцеватые почвы, а солонцеватые занимают меньшие пространства. Глубокостолбчатые солонцы постепенно замирают к югу, а вместе с тем возрастает площадь, занятая корково-столбчатыми солонцами. Возрастает вместе с тем количество солончаков.

Замирание солонцеватости является результатом усиливающегося к югу засоления почв и грунтов. Как мы видели на примере постепенного перехода в каштановой зоне от солонца к солонцеватым почвам высокого засоления и солонцам, солонец замирает, когда хлористые и сернокислые соли в значительных количествах начинают приближаться к поверхности. Усиление корково-столбчатых солонцов объясняется той же причиной. Как показывают сравнительные анализы глубокостолбчатых и корково-столбчатых солонцов, последние значительно сильнее засолены и соли в них находятся ближе к поверхности. В сероземной (белоземной) зоне, которая начинается между 47 и 46° с. ш., солонцеватость еще более ослабляется. В частности, структурные солонцы почти совершенно исчезают, но зато еще сильнее распространяются солончаки. Переход в сероземную зону от бурой идет также очень постепенно.

Н. Д. Емельянов дает такое описание разреза почв, переходных от светло-бурых к сероземам (белоземам):

- $A_1$  0—4 см. Светло-буро-желтый, сверху плотный, связан в корочку, ниже — с разбросанными в беспорядке порами. С трудом поддается раздавливанию. С 1,5—2 см поры вытягиваются в горизонтальном направлении, и масса приобретает исчерченный характер, начиная распадаться на чешуйки. Слоистость только намечается, но на слон горизонт еще не делится.
- $A_1$  4—11 см. Окрашен чуть желтее по сравнению с предыдущим горизонтом. Резко чешуйчато-слоистый. Нижняя сторона слоя темнее верхней и менее пориста.
- $B_1 - A_2$  11—22 см. Светло-желто-бурого цвета с коричневым оттенком. В горизонтальном направлении распадается сверху на крупные слои с плоскими гранями. С понижением приобретает способность распадаться на комки и глыбы призматической формы, с более сильной коричневой окраской по граням отдельностей.
- $B_2$  22—40 см. Светло-желто-бурый с коричневым оттенком. Окраска неравномерная. Структура призматически-комковатая. Весь горизонт мягкий, суглинистый, с признаками карбонатов.
- $B_{2C}$  40—71 см. Острогранно-ореховатая структура, благодаря которой стенка разреза имеет раковистый характер. Общий тон

светло-бурый с белесым оттенком. Выцветы солей прожилками и пятнами, иногда в форме белоглазки.

С. Светло-желтоватый суглинок без выцветов, солей, глыбистый.

Из предыдущего изложения видно, что ни одна из почвенных зон Киргизского края не представляет однородного почвенного покрова на сколько-нибудь больших пространствах. Даже в пределах черноземной зоны, особенно там, где имеется так называемый гривный рельеф, не наблюдается зачастую господства чернозема. Чернозем обычно одевает повышенные части грив, а склоны последних, особенно их нижние части, заняты солонцеватыми почвами и солонцами. Межгривные пространства несут солончаковые или солончаковатые почвы. Более однородны по характеру почв возвышенные равнины черноземной зоны, каковы, например, пространства к югу от Омска.

Особенной пестротой (комплексностью) почвенного покрова характеризуются юг каштановой и север бурой зон. Более однороден покров каштановой зоны в областях распространения карбонатных почв.

## ЛИТЕРАТУРА

- Аболин Р. И.* В тайге Ленско-Вилуйской равнины.— В кн.: Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1912 г. СПб., 1913.
- Аболин Р. И.* Геоботаническое и почвенное описание Ленско-Вилуйской равнины.— «Труды Комис. по изуч. Якутской АССР», т. X. Л., 1929.
- Абутьков Л. В.* Почвы долины р. Кальджира в Семипалатинской области.— «Труды почвенно-ботанических экспедиций...», ч. 1, вып. 3. СПб., 1909.
- Абутьков Л. В.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1909 г. СПб., 1910.
- Абутьков Л. В.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1910 г. СПб., 1911.
- Агафонов В. Н.* Материалы к оценке земель Полтавской губ., вып. XII, гл. III. СПб., 1894.
- Алексеев В. Ф.* Материал для классификации русских глин.— «Зап. Имп. Русск. технич. об-ва», 1896.
- Армашевский П. Я.* Геологический очерк Черниговской губ.— «Зап. Киевск. об-ва естествоиспыт.», 1883, т. VII.
- Аксенов С. С., Красусский К. А.* Отчеты о заседаниях в 1896 г.— «Труды Об-ва физ.-хим. наук при Имп. Харьк. ун-те, 1898», год III (XXIV).
- Бацевич Л.* Геологические исследования в Батумской области. Предварительный отчет.— В кн.: Материалы для геологии Кавказа. Тифлиси, 1885.
- Бацевич Л.* К геологии Кутаисской губернии. Геологическое описание Батумского и Артвинского округов.— В кн.: Материалы для геологии Кавказа. 1887, сер. II, кн. 1.
- Безсонов А. И.* Исследования в бассейнах Каратала, Уч-Куль и Аксу. Почвы среднего Семиречья.— «Труды почвенно-ботанических экспедиций...», ч. 1, вып. 8. СПб., 1915.
- Благовещенский Н. В.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1912 г. СПб., 1913.
- Богданович К. И.* Геологические климаты.— «Мир Божий», 1903, июль.
- Богословский Н. А.* Геологические исследования вдоль железнодорожных линий Павелец—Москва и Москва—Савелово.— «Изв. Геол. ком-та», 1899, т. XVIII.
- Богословский Н. А.* Из наблюдений над почвами Западной Европы.— «Почвоведение», 1902, № 4.
- Вернадский В. И.* Лекция описательной минералогии. СПб., 1899.
- Высоцкий Г. И.* Почвенные зоны Европейской России в связи с солесностью грунтов и характером лесной растительности.— «Почвоведение», 1899, № 1—4; 1900, № 1—2.
- Высоцкий Т. Н.* Степной иллювий и структура степных почв. I. Велико-Анадол. II. Каменная степь. III. Северный Кавказ.— «Почвоведение», 1901, № 2—3.
- Гедройц К. К.* Коллоидальная химия и почвоведение.— «Журн. опытно-агрономии», 1908, т. 9, кн. 2.
- Гедройц К. К.* Определение цеолитной кремнекислоты в почвах.— «Журн. опытно-агрономии», 1916а, т. 17, кн. 5.
- Гедройц К. К.* Поглощительная способность почвы и почвенные цеолитные основания.— «Журн.

- опытн. агрономии», 1916б, т. 17, кн. 6.
- Геммерлинг В. В.* Некоторые данные для характеристики подзолистых почв.— «Русский почвовед», 1922, № 4—5.
- Горбеев Т.* Предварительный отчет о почвенно-геологической экскурсии в Астраханской губернии. (Ст. 1). Предварительное сообщение о нахождении каспийских отложений у станицы Пичужинской и села Олени в Царицынском уезде. (Ст. 2).— «Труды Саратовск. об-ва естествоиспыт.», 1903, т. IV, вып. 1.
- Гордягин А. Я.* Материалы для познания почв и растительности Западной Сибири.— «Труды Об-ва естествоиспыт. при Казанском ун-те», 1900, т. XXXIV, вып. 3.
- Грум-Гржимайло Г. Е.* Описание Амурской области. Под ред. П. П. Семенова. СПб., 1894.
- Гуров А. В.* Геологическое описание Полтавской губ. Харьков, 1888.
- Густавсон Г. Г.* Двадцать лекций агрономической химии. М., 1888.
- Димо Н. А.* Краткий (предварительный) очерк почвенно-геологических условий юга Саратовской губ.— «Почвоведение», 1903, т. 5, № 2.
- Димо Н. А.* Проект оснований и норм для оценки земель Петровского и Аткарского уездов. Саратов, 1904.
- Димо Н. А.* Почвенные исследования в бассейне р. Аму-Дарьи.— «Ежегодн. Отд. земельных улучш. за 1913 г.», ч. II. Пг., 1914.
- Докучаев В. В.* О зональности в минеральном царстве.— «Зап. Имп. СПб. минералог. об-ва», 1899, ч. XXXVII, вып. 1.
- Докучаев В. В.* Русский чернозем.— В кн.: Материалы по оценке земель Нижегородской губ., т. 1. СПб., 1883.
- Докучаев В. В.* Предварительный отчет об исследованиях на Кавказе летом 1899 г.— «Изн. Кавк. отд. РГО», т. XII, вып. III. Тифлис, 1899.
- Доленко Г. И.* Долина р. Лены близ Якутска— В кн.: Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1912 г. Под ред. К. Д. Глинки. СПб., 1913.
- Доленко Г. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1913 г. СПб., 1914.
- Доленко Г. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1914 г. СПб., 1916.
- Дозренко А. Г.* Гуминовые вещества как азотистая составная часть почвы.— «Изн. Моск. с.-х. ин-та», 1900, год VI, кн. 4.
- Драцицын Д. А.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1912 г. Под ред. К. Д. Глинки. СПб., 1913.
- Драцицын Д. А.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1913 г. СПб., 1914.
- Емельянов Н. Д.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1914 г. СПб., 1916.
- Захаров С. А.* Почвенные растворы, роль их в почвообразовании, приемы их исследования и значение их для характеристики почвенных типов.— «Журн. опытн. агрономии», 1906, т. VII, кн. 4.
- Землячченский П. А.* Каолинитовые образования южной России. (Каолин, фарфоровые, фаянсовые и другие глины).— «Труды СПб. об-ва естествоиспыт., отд. геол. и минерал.», 1896, т. 21, вып. 2.
- Землячченский П. А.* О латерите.— «Почвоведение», 1899, т. 1, № 2.
- Землячченский П. А.* О действии 10% соляной кислоты на некоторые минералы (резюме доклада).— В кн.: Дневник XI съезда русских естествоиспыт. и врачей в С.-Петербурге. (20—30 декабря 1901 г.). СПб., 1901.
- Землячченский П. А., Силантьев А., Траншель В. Пады, имение В. Л. Нарышкина.* Орогидрография, геология, почвы и грунтовые воды. СПб., 1894.
- Иванов Д. В.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1909 г. СПб., 1910.
- Искюль В. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Ази-

- атской России за 1912 г. СПб., 1913.
- Искюль В. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1913 г. СПб., 1914.
- Искюль В. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1914 г. СПб., 1916.
- Коржинский С. И.* Предварительный отчет о почвенных и геоботанических исследованиях 1886 г. в губерниях Рязанской, Самарской, Уфимской, Пермской и Вятской. — «Труды Об-ва естеств. при Казанском ун-те», 1887, т. XVI, вып. 6.
- Коржинский С. И.* Северная граница черноземно-степной области в восточной полосе Европейской России в ботанико-географическом и почвенном отношении, I. Казань, 1888.
- Короткий М. Ф.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1912 г. СПб., 1913.
- Короткий М. Ф.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1913 г. СПб., 1914.
- Короткий М. Ф.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1914 г. СПб., 1916.
- Коссович П. С.* Солонцы, отношение к ним растений и методы определения солонцеватости почв. — «Журн. опытн. агрономии», 1903а, т. IV, кн. 1.
- Коссович П. С.* Курс почвоведения, почвенные классификации и частное описание почв. СПб., 1903б.
- Костычев П. А.* По поводу доклада Заломанова о происхождении чернозема. — «Труды Импер. Вольного эконо. об-ва», 1883а, № 1.
- Костычев П. А.* Фосфорнокислые удобрения почв. — «Сельское хоз-во и лесоводство», 1883б, ноябрь, декабрь; 1884, январь, февраль.
- Костычев П. А.* Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства, ч. 1. Образование чернозема. СПб., 1886.
- Краснов А. Н.* К флоре бассейна р. Чаквы. Краткий отчет об экскурсии в Батумскую область. — «Труды Харьковского об-ва испыт. природы», 1893—1894, т. XXVIII.
- Красюк А. А.* Почвы Ленско-Амгинского водораздела по данным экспедиции 1825 г. — «Материалы Комис. по изуч. ИАССР». Л., 1927.
- Криштафович Н. И.* Строение ледниковых образований на территории Ковенской, Виленской и Гродненской губ. — «Ежегодник по геологии и минералогии России», 1896, т. 1, вып. 1.
- Криштафович Н. И.* Еще о межледниковых отложениях в окрестностях г. Гродна — «Ежегодник по геологии и минералогии России», 1897, т. 1, вып. 2, отд. I.
- Криштафович Н. И.* «Зап. Ново-Александрийск. ин-та», 1902, т. XV, вып. 3.
- Кузнецов Н. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1912 г. СПб., 1913.
- Лебедев Н. П.* Геологические исследования в долине р. Чороха. — В кн.: Материалы для геологии Кавказа, сер. III, кн. 1. Тифлис, 1898.
- Лебедев Н.* «Зап. Зап-Сибирского отд. Российск. геогр. об-ва», 1908, кн. XXXIV.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Исследования по теоретической петрографии в связи с изучением изверженных пород центрального Кавказа. — «Труды об-ва естествоиспыт. при СПб. ун-те». Юрьев, 1898, т. XXVI, вып. 5.
- Левченко Ф. И.* Почвы восточной части второй Наурзумской волости Тургайского уезда Тургайской области. — «Труды почвенно-ботанических экспедиций...», ч. 1, вып. 1. СПб., 1909.
- Левченко Ф. И.* Почвы, грунты и грунтовые воды Каракумской пустыни в связи с вопросом орошения ее. Киев, 1912.
- Лейкин А. Я.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1913 г. СПб., 1914.
- Миддендорф А. Ф.* Очерк Ферганской долины. СПб., 1882.

- Морозевич И. А.* К петрографии Волыни.— «Варшавские университетские известия», 1893, № IV—VIII.
- Неуструев С. С.* Почвенно-географический очерк Чимкентского уезда Сыр-Дарьинской области.— «Труды почвенно-ботанических экспедиций...», ч. 1, вып. 7. СПб., 1910а.
- Неуструев С. С.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1908 г. СПб., 1910б.
- Неуструев С. С.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1910 г. СПб., 1911.
- Неуструев С. С.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1912 г. СПб., 1913.
- Неуструев С. С.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1913 г. СПб., 1914.
- Неуструев С. С.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1914 г. СПб., 1916.
- Неуструев С. С.* Идеи академика К. Д. Глинки о генезисе и классификации почв.— «Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», 1930, вып. 3—4.
- Неуструев С., Бессонов А.* Почвенные условия вдоль проектируемой ж.—д. линии Семипалатинск — Верный. СПб., 1908.
- Никитин С. Н., Наливкин В. А.* Бассейн Днепра.— «Труды экспедиции для исследования источников главнейших рек Европейской России». СПб., 1896.
- Никитин С. Н., Ососков П. А.* Заволжье в области 92-го листа общей геологической карты России.— «Труды Геол. ком-та», 1888, т. VII, № 2.
- Никитин С. Н., Ососков П. А.* «Труды Геол. ком-та», 1888, т. VII, № 2.
- Никитин С. Н., Погребов Н. Ф.* Бассейн Оки.— «Труды экспедиции для исследования источников главнейших рек Европейской России». СПб., 1895.
- Никифоров К. К.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1912 г. СПб., 1913.
- Никифоров К. К.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1914 г. СПб., 1916.
- Никифоров К. К., Доленко Г. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1914 г. СПб., 1916.
- Орлов И.* «Зап. Зап.-Сибирского отд. Российск. геогр. об-ва», 1908, кн. XXXIV.
- Попов Т. И.* «Труды Докучаев. почв. ком-та», 1914, вып. 2.
- Православлев П. А.* К вопросу о характере арало-каспийских образований Нижнего Поволжья.— «Труды Варшавск. об-ва естествоиспыт., отд. биологии», 1900, т. X.
- Прасолов Л. И.* О почвах долин юго-западной части центрального Тянь-Шаня.— «Труды почвенно-ботанич. экспедиций», ч. 1, вып. 5. СПб., 1909.
- Прасолов Л. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1909 г. СПб., 1910.
- Прасолов Л. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1910 г. СПб., 1911.
- Прасолов Л. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1911 г. СПб., 1912.
- Прасолов Л. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1912 г. СПб., 1913.
- Прасолов Л. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1914 г. СПб., 1916.
- Прасолов Л. И., Фролов И. А.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1913 г. СПб., 1914.
- Прохоров Н. И.* Оро-геологический и почвенный генезис Теллермановской роци.— «Труды опытных лесничеств», вып. 4. СПб., 1906.
- Раманн Э.* Наблюдения над почвенно-климатическими зонами Испании.— «Почвоведение», 1902, № 1.
- Родзянко А.* О некоторых свойствах гумуса и гуминовой кислоты — В кн.: VIII съезд русских естество-

- воиспыт. и врачей в С.-Петербурге 28 декабря 1889 г. — 7 января 1890 г. Отд. 3. СПб., 1890—1892.
- Рожанец М. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1913 г. СПб., 1914.
- Рожанец М. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1914 г. СПб., 1916.
- Сибирцев Н. М.* Почвоведение. Лекции, читанные студентам Института сельского хозяйства и лесоводства в Ново-Александрии, вып. III. СПб., 1899.
- Скалов Б. А.* Почвы средней части Тургайско-Уральского района.— В кн.: Материалы по исследованию колонизации районов Азиатской России. СПб., 1909.
- Смирнов В. П.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1912 г. СПб., 1913.
- Соколов Н. А.* Дюны, их образование, развитие и внутреннее строение. СПб., 1884.
- Соколов Ф. В.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1912 г. СПб., 1913.
- Соколовский А. Н.* Из области явлений, связанных с коллоидальной частью почвы.— «Изв. Петровской сельскохоз. акад.», 1919, вып. 1—4.
- Стасевич А. Н.* Почвы в бассейне рек Кон и Сары-Су в Акмолинском уезде.— «Труды почвенно-ботанических экспедиций...», вып. 2. СПб., 1909.
- Стасевич А. Н.* Почвенные исследования в Минусинском уезде.— «Труды почвенно-ботанических экспедиций...», ч. 1, вып. 3. СПб., 1911.
- Сукачев В. Н.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1911 г. СПб., 1912а.
- Сукачев В. Н.* Растительность верхней части бассейнов р. Тунгира Олекминского округа Якутской области.— «Труды почвенно-ботанической экспедиции...», ч. II, вып. 16. СПб., 1912б.
- Сукачев В. Н., Поплавская Г. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1912 г. СПб., 1913.
- Таганцев В. Н.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1913 г. СПб., 1914.
- Танфильев Г. И.* Доисторические степи Европейской России.— «Земледелие», 1896, кн. II.
- Танфильев Г. И.* Физико-географические области Европейской России.— «Труды Имп. Вольного эконом. об-ва», 1897, № 1.
- Танфильев Г. И.* Очерк главнейших районов черноморского побережья Кавказа. Современные вопросы русского сельского хозяйства.— В кн.: Юбилейный сборник им. И. А. Стебута. СПб., 1904.
- Тихеева Л. В. К. Д.* Глинка — профессор кафедры почвоведения ЛСХИ. Сб. памяти К. Д. Глинки. Л., 1928.
- Тузуг С. С.* О химическом строении некоторых алюмосиликатов. Юрьев, 1894.
- Тулайков Н.* «Изв. Моск. с.-х. ин-та», 1907, год XIII, кн. 3.
- Тумин Г. М.* К вопросу о генезисе солонцов.— «Почвоведение», 1904, № 3.
- Тумин Г. М.* Материалы к оценке земель Смоленской губ., т. IV. Смоленск, 1909.
- Тумин Г. М.* Почвы южной части Атбасарского уезда Акмолинской области.— «Труды почвенно-ботанических экспедиций...», ч. 1, вып. 10. СПб., 1910а.
- Тумин Г. М.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1909 г. СПб., 1910б.
- Тумин Г. М.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1910 г. СПб., 1911.
- Тутковский П. А.* Пирамидальные валуны в Южном Полесье.— «Изв. Геол. ком-та», 1900, т. XIX.
- Флоров Н. П.* Материал по исследованию почв и грунтов Киевской губернии, вып. 1. Одесса, 1916.
- Хаинский А. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1912 г. СПб., 1913.
- Хаинский А. И.* Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиат-

- ской России за 1913 г. СПб., 1914.
- Хаинский А. И. Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1914 г. СПб., 1916.
- Чаянов С. Отчет по Темирскому опытному полю Тургайско-Уральского переселенческого района за 1907—1908 гг. СПб., 1910.
- Чернышев Ф. Н. Поездка в Уфимскую и Вятскую губернию.— «Изв. Геол. ком-та», 1887, т. VI, № 1.
- Шенец Н. Н. Влияние 10% содового раствора на растворимость кварца, халцедона, кремня и опала в зависимости от различной величины зерна. Пг., 1915.
- Яхонтов М. В. Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России за 1914 г. СПб., 1916.
- Aarnio B. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, 1913.
- Atterberg A. «Zbl. Mineral», 1909, N 12.
- Bauer M. Geologie der Seyschellen, insbesondere zur Kenntniss des Laterits.— «Neues Jahrb. Mineral.», 1898, Bd. II, H. 3.
- Bauer M. «Neues Jahrb. Mineral.» Festband. 1907.
- Berendt G. M. Abhandl. zur geol. Spealkarte von Preussen, 1877. Berlin, 1882.
- Bertainchaud. Sur les poussières atmosphériques observées à Tunis le Mars.— «Compt. rend.», 1901, t. 132.
- Bischof C. G. Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. 2 Bde. Bonn, 1847—1855.
- Blanckenhorn M. L. P. Geologie Aegyptens. Führer durch die geologische Vergangenheit Aegyptens von der Steinkohlenperiode bis zur Jetztzeit.— «Z. Dtsch. geol. Ges.», 1901, Bd. 53.
- Blanford H. F. Cretaceous and other rocks of the South Arcot Trichinopoly districts. Madras.— «Mem. Geol. Survey of India», 1865.
- Branner J. C. The Boxite deposits of Arkansas.— «J. Geol.», 1897, v. 5.
- Brögger W. C. Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der Südnorwegischen Augit und Nephelinsyenite.— «Z. Krystallogr.», 1890, Bd. XVI.
- Buchanan H. 1807. Journey from Madras through Mysore, Canara and Malabar, Bd II.
- Clerici E. Sulle polveri sciroccali ca-
- dute in Italia nel marzo 1901.— «Bol. Soc. geol. ital.», 1901, t. 20.
- Credner C. H. Das Vogtländisch — Erzgebirgisches Erdbeben.— «Z. ges. Naturwiss.», 1876, v. 23, N 4.
- Crosby W. O. Colors of soils [1885]. Notes of Joint structure. [1885].— «Proc. Boston Soc. Natur. Histor.», 1888, v. 23.
- Dana J. D. Archaean axes of Eastern N. A.— «Amer. J. Sci.», 1890, v. XXXIX, p. 317—319.
- Du-Bois. «Tschermak's mineral. und petrogr. Mitt.», 1903, Bd. 22, H. 1.
- Eichhorn C. H. A. Einwirkung verdünnter Salzlösungen auf Silicate.— «Poggend. Ann. Phys.», 1858, Bd. 105.
- Ehrenberg Ch. G. Bemerkungen über feste mikroskopische, anorganische Formen in den erdigen und derben Mineralien.— «Poggend. Ann. Phys.», 1836, Bd 39, T. I, F. 1.
- Emeis. Weldbauliche Forschungen und Betrachtungen. Berlin, 1876.
- Endell K. Chemische und mineralogische Veränderungen basen Eruptivgesteinen bei der Zersetzung unter Mooren.— «Neues Jahrb. f. Mineral. etc.», 1910, Bd. XXXI, H. 1.
- Fodor I. Hygienische Untersuchungen über Luft, Boden und Wasser, 1882.
- Fuchs W. Zur Bildung der Terra rossa.— «Über secundäre Infiltration von kohlenäuren Kalk in Lössen und poröses Gestein.— Neue Brunnengrabungen in Wien und Umgebung (Fortsetzung).— Die Tertiärbildung von Stein in Krein.— «Verhandl. k. k. geol. Reichsanst.», Wien, 1875.
- Gagel, Stremme H. Zbl. Mineral. 1909.
- Geikie I. The tundras and steppes of prehistoric Europe.— «Annual Rept Smiths. Inst.», 1899.
- Green. Geology. Part I. Physical Geology, 1882.
- Groddek A. von. Serictigesteine in Erzlagerstätten.— «Neues Jahrb. Mineral.», 1883, v. II, Beil.-Band.
- Gürich G. J. E. Geologie dem Westafrika.— «Z. Dtsch. geol. Ges.», 1887, Bd. XXXIX.
- Hähnel. «J. prakt. Chem.», 1908.
- Hayes Ch. W. Solution of Silica under atmospheric conditions [1896].— «Bull. Geol. Soc. America», 1897, v. 8.
- Herget E. Der Spirifer — Sandstein u.

- seine Metamorphosen. 1863.
- Hermann R.* Über Cyanochalcit ein neues Mineral.—«J. pract. Chem.», 1869, CVI.
- Hermann R.* Über den sogenannten Gibbsite von Chester county in Pennsylvania.—«J. pract. Chem.», 1869, CVI.
- Hermann R.* Über den Phosphorsäure Gehalt des Diaspors vom Ural, sowie Bemerkungen über den Hydrargillit von Villa — rica.—«J. pract. Chem.», 1869, CVI.
- Hilgard E. W.* Kritik über Whitney's: Some physical properties of soils.—«Wollny Forsch. Gebiete Agricultur — Physik», 1893, Bd. 16.
- Hilgard E. W.* Salze in Alkaliböden.—«Wollny, Forsch. Gebiete Agricultur — physik.», 1896.
- Hilger A., Lampert K.* Über Verwitterungsproducte der Granits von der Luisenburg im Fichtelgebirge.—«Die Landwirtschaftlichen Versuch — Stationen», 1887, Bd. XXXIII. Berlin.
- Hintze C. A. F.* Handbuch der Mineralogie, Bd. II. Leipzig, 1889—1897.
- Hissink D.* «Internat. Mitt. Bodenkunde», 1922, Bd XII, H. 3/6
- Hunt Th. St.* Origin of some magnesian rocks.—«Geol. J.». London, 1859, v. XI.
- Hunt Th. St.* On the chemical and mineralogical relations of metamorphic rocks.—«Dublin Geol. Soc. J.», 1864, v. X.
- Hunt Th. St.* The decay of rocks geologically considered.—«Amer. J. Sci.», 1883, v. XXII.
- Johnson S. W. Blake J. M.* Kaolinite and pholerite.—«Amer. J. Sci.», 1867, v. 43.
- Julien A.* Geological action of the humus-acids.—«Proc. Amer. Assoc. Advanc. Sci.», 1879, v. XXVIII.
- Katzer F.* Silur in Brasilien. Die rote Farbe von Schichtgesteinen.—«Neues Jahrb. Mineral.», Bd II, H. 3.
- Kayser F. H. E.* Lehrbuch der Geologie, I Teil. 1893.
- Keyes Ch. R.* The genetic classification of geological phenomena.—«J. Geol.», 1898, v. VI, p. 809—815.
- Klein C.* Resultate der Untersuchung der Proben des am 10 bezw. 11 März, 1901 in Italien, Österreich und Deutschland gefallenen Staubregens.—Sitz.—Ber. K. preuss. Akad. Wiss., 1901.
- Knop A.* Beiträge zur Kenntniss der Steinkohlen-Formation und des Rothliegenden im Erzgebirgischen Bassin.—«Neues Jahrb. Mineral.», 1859, p. 532—539; 671—720.
- Kolbe A.* Über die Entstehung der zoogeographischen Region auf dem Kontinent Afrika.—«Naturwiss. Wochenschr., N. F.», 1901, Bd I, N 13.
- Lasaulx A.* Beiträge zur Mikromineralogie.—«Neues Jahrb. Mineral.», 1872, S. 821—856.
- Lasaulx A.* Chemische Prozesse in der Geologie. Handwörterbuch Kenngot. Bd. I. 1882.
- Laspeyres H.* Hygrophilit, ein neues Mineral in der Phinit-Gruppe.—«Tschermak's mineral. und petrogr. Mitt.», 1873, S. 147—170.
- Laspeyres H.* Krystallographische Bemerkungen zum Gyps.—«Tschermak's mineral. und petrogr. Mitt.», 1875, S. 113—130.
- Laspeyres H.* Mineralogische Bemerkungen (VI Theil).—«Z. Krystallogr.», 1880, Bd. 4.
- Laspeyres A.* Manganepidot, Sericit, Piemontit, opt. kryst. Aragonit v. Oberstein; Quarz v. Süderholz.—«Z. Krystallogr.», 1880, v. 4.
- Leiningen W. G.* Beiträge zur Oberflächen-Geologie und bodenkunde Istriens.—«Naturwiss. Z. Forst- und Landwirtschaft», 1911, 9 Jahrg., H. 1—2.
- Lenz O.* Gypstegel und Süßwasserkalkstein in Ostgaliz.—«Verhandl. k. k. Geol. Landesanst. Wien, 1878.
- Lemberg J. Th.* Über einige Umwandlungen finländischer Feldspate.—«Z. Dtsch. Geol. Ges.», 1870, Bd XXII.
- Lemberg J. Th.* Silicatumwände.—«Z. Dtsch. geol. Ges.», 1876, Bd XXVIII.
- Lemberg J. Th.* Gesteinsumbildung bei Predazzo und am Monzoni.—«Z. Dtsch. geol. Ges.», 1877, Bd XXIX, 54 p.
- Lemberg J. Th.* Silicatumwände.—«Z. Dtsch. geol. Ges.», 1883, Bd XXXV.
- Lemberg J. Th.* Bildung und Umbildung von Silicaten.—«Z. Dtsch. geol. Ges.», 1885, Bd XXXVII.
- Lemberg J. Th.* Mikroskopische Untersuchungen von Calcit und Predaz-

- zit.—«Z. Dtsch. geol. Ges.», 1887, Bd XXXIV und XL.
- Leverret F.* The weathered zone (Sangamon) between the Jowan Loess and Illinoian till sheet.—«J. Geol.», 1898, v. VI.
- Leverret F.* The peorian soil and weathered zone (Toronto formation?).—«J. Geol.», 1898a, v. VI, p. 244–249.
- Leverret F.* Glacial formation and drainage features of the Erie and Ohio Basins.—«U. S. Geol. Survey», 1902.
- Liebrich A.* Beitrag zur Kenntniss des Bauxits vom Vogelsberge. Inaugur. Diss. Giessen, 1891.
- List K.* «Jahrb. Vereins Naturkunde im Herzogthum Nassau», 1850, Bd 7.
- List K.* «Jahrb. Vereins Naturkunde im Herzogthum Nassau», 1851, Bd 7.
- List K.* «Jahrb. Vereins Naturkunde im Herzogthum Nassau», 1852, Bd 8.
- List K.* Chemisch-mineralogischen Untersuchung der Taunusschiefer.—«Ann. Chem. und Pharm.», 1852a, Bd LXXXI.
- Loughridge R.* «Proc. Amer. Assoc. Advanc. Sci. Portland Meeting», 1893.
- Lorenz R.* Über Terra rossa.—«Verhandl. k. k. geol. Reichsanst.», Wien, 1881.
- Lossen K. A.* Geologie des linksrein Taunus.—«Z. Dtsch. geol. Ges.», 1867, Bd 19.
- Lossen K. A.* Osthärzer metamorphische Schichten.—«Z. Dtsch. geol. Ges.», 1869, Bd 21.
- Lyell Ch.* Elements of geology, ed. 6. London, 1864.
- Lyons A. B.* Chemical composition of Hawaiian soils and the rocks from which they have been derived.—«Amer. J. Sci.», 1896, v. 2.
- Marck W. von der.* Chemische Untersuchungen westfälischer und rheinischer Gebirgsarten und Mineralien.—«Verhandl. Naturhist. Vereins Preuss. Rheinlande und Westfalens», 1878, Bd 35.
- Merrill G. P.* Treatise on rocks, rock weathering and soils, 1897.
- Meyer H.* Der Kilimandjaro. Berlin, 1900.
- Mohr.* «Bull. départ. agric. Indes néerlandaises», N XXVIII, Butdenzorg, 1909.
- Müller A.* Über Nitrifikation als Fermentwirkung.—«Chem. Ges. Ber.», 1877, Bd 10. Berlin.
- Münst M.* Orsteinstudien im oberen Murgtal (Schwarzwald).—«Mitt. geol. Abt. Kgl. Würtemb. Stat. Landesamtes», 1910, N 8.
- Müntz Ch. A., Marcano V.* Eaux noires des régions équatoriales.—«Compt. rend.», 1888, t. 107.
- Müntz, Rousseau.* Etude sur la valeur agricole des terres de Madagascar.—«Bull. de la Ministère d'Agriculture», 1900, N 5.
- Nehring C. W.* A. Tundren und Steppen der Jetzt- und Vorzeit, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Fauna. Berlin, 1890.
- Neumayr M.* Zur Bildung der Terra rossa.—«Verhandl. k. k. geol. Reichsanst.», Wien, 1875, S. 50–51.
- Neumayr M.* Erdgeschichte, Bd I. Leipzig, 1886.
- Newbold.* «J. As. Soc. Beng.», 1884, v. XIII, p. 992.
- Oldham R. D.* A manual of the geology of India. Calcutta, 1893.
- Palla E.* Recente Bildung von Markasit in Inkrustationen im Moore von Marienbad.—«Neues Jahrb. Mineral.», 1887, Bd II, S. 5–7.
- Passarge O. K. S.* Adamaua.—Bericht über die Expedition des deutschen Kamerun-Comités. Berlin, 1895.
- Passarge O. K. S.* Neues Jahrb. Mineral., 1897, Bd II.
- Pechuel-Lösch M. E.* Westafrikanische Laterite.—«Ausland», 1884, N 24 u. 22.
- Pettenkofer M. J.* Über Kohlensäuregehalt der Luft im Boden (Grundluft) von München in verschiedenen Tiefen und verschiedenen Zeiten.—«Z. Biol.», 1874, Bd. VII.
- Pettenkofer M. J.* Über ein Beispiel von rascher Verbreitung spezifisch leichter Gasschichten in darunter liegenden spezifisch schwereren.—«Z. Biol.», 1873, Bd IX.
- Pettenkofer M. J.* Über ein Reagens zur Unterscheidung der freien Kohlensäure im Trinkwasser von der an Basen gebundenen.—«Z. Biol.», 1875a, Bd XI.
- Pettenkofer M. J.* Über den Kohlensäuregehalt der Luft in der libyschen Wüste über und unter der Bodenoberfläche.—«Z. Biol.», 1875b, Bd XI.
- Pettenkofer M. J.* Die Cholera 1875 in

- Syrien und die Choleraepidemie in Europa.— «Z. Biol.», 1876, Bd XII.
- Pichler A.* Beiträge zur Geognosie und Mineralogie Tirols.— «Neues Jahrb. Mineral.», 1871, S. 52–57.
- Ramann E.* Bodenkunde. Berlin, 1905.
- Richtshofen F. P. W.* Bemerkungen über Ceylon.— «Z. Dtsch. geol. Ges.», 1860, Bd XII.
- Richtshofen F. P. W.* Führer für Forschungsreisende. Anleit. zu Beobachtung über Gegenstand der physikalische Geographie und Geologie, Berlin, 1886.
- Richtshofen F. P. W.* Führer für Forschungsreisende. Berlin, 1901.
- Rosenbusch K. H. F.* Mikroskopische Physiographie d. Mineralien und Gesteine. I: Petrographie wichtiger Mineralien 2 ed. Stuttgart, 1885.
- Rosenbusch K. H. F.* 1898. Elemente der Gesteinslehre. Stuttgart.
- Rösler.* Neues Jahrb. Mineral., 1902, XV Beil.-Band, 2, H. 2.
- Roth E. J.* Allgemeine und chemische Geologie, Bd I. Berlin, 1879.
- Russel J. C.* Subaerial decay of rocks and origin of the red colour of formation.— «U. S. Geol. Survey Bull.», 1899, N 52.
- Safarik A.* «Sitzungsber. Böhm. Ger. Wiss.», 1970, v. 16.
- Sandberger H. L. F.* Nachtrag zu dem Verzeichnisse der Mineralien in der Übersicht der geologischen Verhältnisse des Herzogthums Nassau.— «Nassau Jahrbücher», 1849, Bd IV.
- Sapper K. Th.* Gebirgsbau und Boden des nördlichen Mittelamerika.— «Petermanns geogr. Mitt., Ergänzungsheft N 127, 1899.
- Sapper K. Th.* Der Bericht der Nicaragua Kanal-Kommission von 1897–99. «Petermanns geogr. Mitt.», 1902, Bd II.
- Schenck.* «Peterm. Geogr. Mitth.», 1888.
- Schimper.* Pflanzengeographie. Berlin, 1898.
- Schloesing J. J. Th.* Constitution des Argiles.— «Compt. rend.», 1874, t. 78–79.
- Schloesing J. J. Th.* Recherches sur l'état de l'Al dans des terres végétales.— «Compt. rend.», t. CXXXII, 1904, N 20.
- Schmid E.* Die Kaoline des thüringischen Bundsandsteins.— «Z. Dtsch. geol. Ges.», 1876.
- Schmidt C.* Geologische petrographische Mittheilungen über Porphyre der Centralalpen.— «Neues Jahrb. Mineral.», 1886, Bd 4, 5.
- Senhofer.* «Tschermak's mineral. Mitt.», 1883, Bd 5.
- Senft K. F. F.* Vorläufige Mittheilung über die Humussubstanzen und ihr Verhalten zu den Mineralien.— «Z. Dtsch. geol. Ges.», 1871, Bd XXIII.
- Senft K. F. F.* «Z. Dtsch. geol. Ges.», 1874, Bd 26.
- Sicha.* Untersuchungen über die Wirkungen des beim hohen Druck mit Kohlensäure gesättigten Wassers auf einige Mineralien. Inaug.— Diss. Leipzig, 1891.
- Sokolow N.* Der Muis-Liman und die Entstehungszeit der Limane Süd Russlands.— «Зап. СПб. минерал. об-ва», сер. II, ч. XL, вып. 1. СПб., 1902.
- Sprengel K.* Die Bodenkunde usw. nebst Anleit. z. chem. Analyse d. Ackererden usw. Leipzig, 1837.
- Spring W. V.* «Neues Jahrb. Mineral.», 1899, Bd 1.
- Stache K. H.* Alter der Böhmerze Dalmatien.— «Verhandl. k.k. geol. Reichsanst.», Wien, 1886, N 2.
- Steinriede.* Einleitung zur mineralogischen Bodenanalyse. Leipzig, 1889.
- Stelzner A. W.* Neuere Vorkommnisse von Rutil und Zirkon im Freiburger Gneissgebiet.— «Z. Kristallogr.», 1883, Bd IX.
- Stift Ch. E.* Geognostische Beschreibung des Herzogthums Nassau in besonderer Beziehung auf d. Mineralquellen d. Landes. Wiesbaden, 1831.
- Stremme H.* Über Kaolinisierung.— «Z. prakt. Geol.», 1908, Bd 16.
- Termier P.* Phyllite nouv., la leverriéte et les Bacillarites du terrain houiller.— «Compt. rend.», 1889, t. 108.
- Termier P.* Existence de l'aegyrine dans les phonolithes du Velay.— «Compt. rend.», 1890, t. 110.
- Termier P.* Series d'éruptions du mesenc et du meyg'al.— «Bull. Soc. franç. minéral.», 1890a, t. 13.
- Thenard A. P. E.* Sur: «Friedel, s. l'acide silicopropion.— «Compt. rend.», Paris, 1870, t. 70.

- Vernadsky V.* Zur Theorie der Silicate.—«Z. Krystallogr.», 1901, Bd XXXI, H. 1.
- Vogt I. H. L.* Problems in the geology of ore deposits.—«Trans. Amer. Inst. Mining Engrs Richmond Meeting», 1901, February.
- Wahnschaffe G.* Die Ursachen der Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. 2 Ed. Stuttgart, 1900.
- Walther J.* Lithogenesis der Gegenwart, 1894.
- Walther J.* Das Gesetz der Wüstenbildung, 1900.
- Warth H., Warth F. J.* «Geol. Mag.», 1903, v. 4, N 10.
- Weinschenk E. H.* Grundzüge der Gesteinskunde, Bd. I. Freiburg, 1902.
- Wichmann C. E. A.* Mikroskopische Untersuchungen über die Sericit — Gesteine der rechtsrhein Taunus.—«Rheinland und Westfalen Verhandl. naturalist. Vereins», 1877, Bd 34.
- Wohltmann.* Die natürliche Factoren der tropischen Agricultur, 1892.
- Zenker W.* Mitt. Dtsch. Schutzgebiete, 1895, Bd VIII.
- Zepharovitsch V. L. R.* Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Oesterreich, v. 2. Wien, 1873.
- Zirkel F.* Lehrbuch der Petrographie, Bd. I. Leipzig, 1893.
- Zschimmer Eb.* Die Verwitterungsprodukte des Magnesiaglimmers und der Zusammenhang zwischen chemischer Zusammensetzung und optischem Axenwinkel der Glimmer. Inaug.—Diss. Jena, 1898.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Творческий путь К. Д. Глинки . . . . .	7
Труды К. Д. Глинки . . . . .	16

### ВЫВЕТРИВАНИЕ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ

Задачи исторического почвоведения . . . . .	25
Латериты и красные почвы тропических и субтропических широт и родственные им почвы умеренных широт . . . . .	40
Исследования в области процессов выветривания . . . . .	62
О древних процессах выветривания в Приамурье . . . . .	147
К вопросу о различии подзолистого и болотного типов выветривания . . . . .	155
Деградация и подзолистый процесс . . . . .	161

### ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

Очерк почв Якутии . . . . .	171
Солонцы и солончаки Азиатской части СССР (Сибирь и Туркестан) . . . . .	194
Почвы Киргизской республики . . . . .	261
—	
Литература . . . . .	269

Константин Дмитриевич  
Глинка

МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕНЕЗИС  
И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

Утверждено к печати  
Институтом агрохимии и почвоведения АН СССР

Редактор издательства А. А. Фролова  
Художник В. А. Назаров  
Художественный редактор И. К. Капралова  
Технический редактор Р. М. Денисова  
Корректор Л. Д. Собно

ИБ № 6251

Сдано в набор 25/VIII 1977 г.  
Подписано к печати 22/XI 1977 г.  
Формат 60×90<sup>1/4</sup>. Бумага типографская № 1  
Усл. печ. л. 17,5. Уч.-изд. л. 18,9  
Тираж 1900 экз. Т-18646. Тип. зак. 2793  
Цена 1 р. 70 к.

Издательство «Наука»  
117485, Москва, Профсоюзная ул., 94а  
2-я типография издательства «Наука»  
121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

2597