

**ГЕОХИМИЯ
ЛАНДШАФТОВ
ЮГО-ВОСТОЧНОГО
ЗАУРАЛЬЯ**

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени А. А. ЖДАНОВА

550.4.
551.8.

ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ
ЮГО-ВОСТОЧНОГО
ЗАУРАЛЬЯ

+8643
1510



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1966



*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Ленинградского университета*

В монографии рассматриваются климат, гидрogeология, геоморфология, почвы и растительный покров Орь-Кумакского водораздела как факторы миграции тяжелых металлов.

Даются рекомендации по решению ряда региональных геологических и поисковых задач на основе ландшафтно-геохимических методов. Большое внимание удалено вопросам физико-географического районирования и методике ландшафтно-геохимической съемки.

Книга предназначается для геохимиков, физико-географов, геоморфологов и геоботаников, ведущих ландшафтно-геохимические исследования и поиски полезных ископаемых в зонах сухих степей и полупустынь.

Отв. ред. проф. М. П. Петров

ВВЕДЕНИЕ

География, как и другие естественные науки, на современном этапе своего развития опирается на новые, более совершенные методы исследований, в частности на геохимический метод. Применение этого метода позволяет исследовать более тонкие структурные особенности ландшафтов, помогает выявить очень сложные взаимосвязи между отдельными компонентами, дает возможность углубить анализ ландшафтов, применив количественные показатели, т. е. объективные критерии для изучения динамики ландшафтов и закономерностей миграции химических элементов в географической оболочке. Все это расширяет задачи изучения географической среды, открывает большие возможности решения ряда теоретических и практических проблем.

Впервые принципиальные теоретические положения геохимического метода изучения ландшафтов были предложены Б. Б. Полыновым (1934, 1956). В настоящее время геохимия привлекает к себе внимание все большего круга физико-географов. В 1960 г. в Ленинградском университете была создана Южно-Уральская ландшафтно-геохимическая экспедиция, в работе которой принимали участие кафедры геологического (общая геология) и географического (физическая география, ботаническая география, геоморфология) факультетов, сотрудники Научно-исследовательского географического института (НИГИ), а также геологи и геофизики Западного геофизического треста. Общее научное руководство экспедицией осуществлялось М. М. Ермолаевым.

Перед экспедицией были поставлены следующие задачи:

1. Комплексное географическое и геологическое исследование территории, анализ взаимосвязей между отдельными компонентами ландшафтов, геохимическая классификация последних и пространственное их размещение. В итоге этих работ составлялись как отраслевые, так и комплексные ландшафтно-геохимические карты, служащие основой для проведения крупномасштабных поисковых работ и оценки металлометрических аномалий.

2. Изучение закономерностей миграции микроэлементов, выявление уровней их содержания в отдельных компонентах ландшафтов и в пределах различных типов геохимических ландшафтов. Конечным результатом этих работ являлось составление карто-схем фоновых содержаний типоморфных элементов для медноколчеданного и кобальто-никелевого оруденений как основы для выявления металлометрических аномалий.

3. Возможность привлечения металлометрии для целей геологического картирования в условиях разновозрастных, но литологически

сходных комплексов или в условиях плохой обнаженности, применение в конкретных географических условиях методик отраслевых и комплексных геохимических исследований.

Перечисленные проблемы должны были разрешаться на конкретном примере изучения отдельных районов Юго-Восточного Зауралья. Предполагалось в конечном итоге дать методику поисков и предварительной оценки аномалий в пределах территории, перспективной в отношении медноколчеданного и силикатного кобальто-никелевого оруденения.

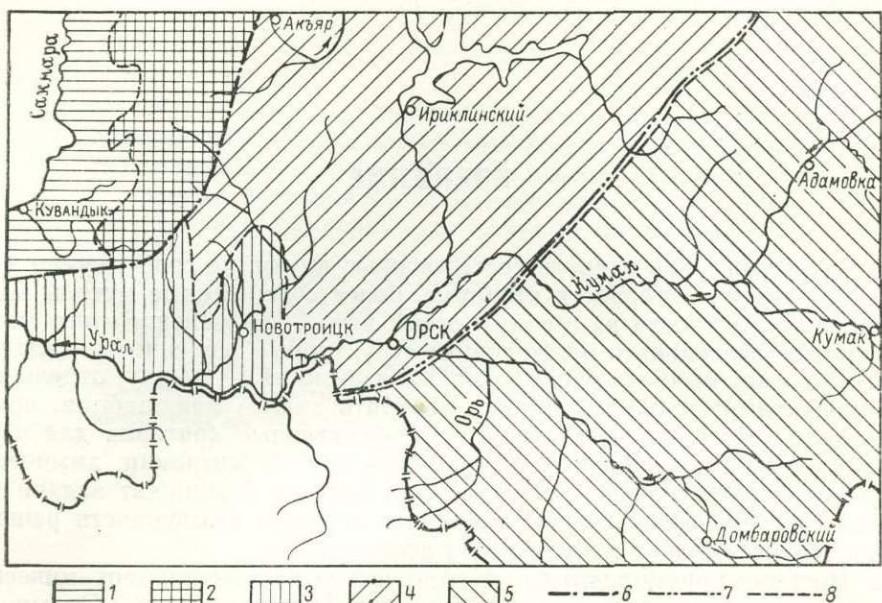


Рис. 1. Обзорная карта Юго-Восточного Зауралья.

1 — лесостепь Сакмарской низкогорной части Южно-Уральского нагорья; 2 — лесостепь Саринско-Покровской сыртовой абразионно-эрзационной равнины; 3 — кустарниковые степи Губерлинского-Уральского мелкогорья; 4 — умеренно-засушливые степи Орско-Халиловской сыртовой цокольной равнины; 5 — сухие степи полого-волнистой пленеллизированной Орь-Кумакской равнины; 6 — границы ландшафтных зон; 7 — границы ландшафтных подзон; 8 — границы физико-географических районов.

В 1960 г. экспедиция работала в Саринском, Медногорском, Халиловском районах Оренбургской области и в пределах юго-восточной окраины Башкирской АССР; площадь исследования охватывала территорию в 2100 км². Исследования 1961—1962 гг. велись в Орском и Домбаровском районах Оренбургской области на площади в 2600 км² (рис. 1).

Полевые работы проводились в двух направлениях: ландшафтном и геохимическом.

Работы ландшафтного профиля включали составление специальных геологической, геоморфологической, гидрогеологической, почвенной и геоботанической карт, являющихся итогом работ соответствующих полевых отрядов экспедиции. На ключевых участках была проведена также комплексная ландшафтная съемка и составлены типологические ландшафтные карты.

Работы геохимического направления заключались в систематическом опробовании коренных пород, почвогрунтов, подземных вод и растительности в различных ландшафтно-геохимических условиях. Центральное место в полевых геохимических работах составляла площадная, крупномасштабная металлометрическая съемка. Металлометрические

пробы отбирались по профилям, заложенным вкrest простирания геологических структур. В зависимости от характера коренного субстрата и мощности наносов сетка опробования менялась. В процессе проведения металлометрических работ обращалось внимание на характер форм мезо- и микрорельефа, условия увлажнения, характер почвенных разностей и растительных ассоциаций.

Глубина опробования изменялась от 10 см на малоразвитых почвах до 50 см на полноразвитых почвах. Большое внимание было обращено на изучение распределения микроэлементов по вертикальному профилю почв в зависимости от их разновидностей, условий почвообразования, характера почвообразующего субстрата. В поле производилось гидрохимическое опробование вод рек, ручьев, озер, родников, колодцев, а также определение содержания тяжелых металлов в вытяжках из почвенных и грунтовых проб. Пробы коренных пород отбирались по свитам, а внутри свит — по разновидностям пород.

В полевых ландшафтно-геохимических исследованиях 1961—1962 гг. принимали участие: преподаватели географического и геологического факультетов А. Ф. Грачев, М. М. Ермолаев, М. С. Дюфур, А. А. Прияткин, Э. Е. Роднянская, М. Д. Скарлыгина, Н. С. Чочия и В. Н. Шванов, научные сотрудники НИГИ, аспиранты и лаборанты Р. И. Баева, Г. А. Березкина, Л. В. Сергеева, Л. Ф. Левковская, Ю. Н. Доннер, В. Г. Зольников, И. С. Ильина, Т. Н. Кривец, Е. Д. Керде, И. Я. Крым, Л. А. Лабзин, К. И. Левицкая, Ю. Е. Литвинова, Т. А. Петр, В. А. Попова, И. Н. Сафонова, В. К. Сухова, а также студенты университета.

Изучение ландшафтов и металлометрия широкого профиля проводились совместно с комплексным геологическим картированием и геофизическими исследованиями, выполненными силами работников Западного геофизического треста. Геофизический трест предоставил в распоряжение экспедиции свою аналитическую базу — спектральную лабораторию, где Д. В. Никифоровым и Г. Д. Трофимовой был проведен спектральный анализ металлометрических и отчасти литологических проб. При массовых анализах металлометрических проб расшифровка спектрограмм проводилась на узкий круг элементов (Cu, Zn, Pb, Ni, Co, As, Be) при помощи метода появления и усиления аналитических линий в комбинации с десятикратным их ослаблением при помощи платинового трехступенчатого ослабителя. В геохимической лаборатории НИГИ были проведены контрольные спектральные анализы металлометрических и литологических проб, а также рядовые спектральные полуколичественные анализы на широкий круг элементов по методу М. М. Клерса с ослаблением аналитических линий на три порядка при помощи десятиступенчатого платинового ослабителя. Выполнялись они Л. Ф. Азаровой и А. А. Тарновским.

Все химические анализы (водные, металлометрические, почвенные, флорометрические) были сделаны в лаборатории НИГИ Г. А. Березкиной при участии И. Я. Крым, Л. В. Сергеевой и М. Д. Скарлыгиной. Эти анализы проводились в основном для выявления вторично наложенной составляющей рассеяния, связанной с сульфидными месторождениями.

Для района работ характерно присутствие в кластической и отчасти в солевой форме таких элементов, как медь, никель, кобальт. Их извлечение из рыхлых отложений разного генезиса производилось при помощи вытяжек, аликвотная часть которых отбиралась для количественного химического определения. В лаборатории института произведены также анализы водных проб на основные компоненты общей минерализации. Аналитической обработке подвергались также флорометрические пробы в виде вытяжек из воздушно-сухих растений и из их золы.

В настоящую монографию включены материалы по геохимии ландшафтов Орь-Кумакского водораздела (Орский и Домбаровский районы), собранные в 1961—1962 гг.

Работа написана сотрудниками географического, геологического факультетов и НИГИ, принимавшими участие в полевых исследованиях, в камеральной обработке материала и аналитических работах.

Авторами отдельных разделов текста и иллюстраций к ним являются: Введения — Н. С. Чочиа; гл. I — А. Ф. Грачев, М. С. Диофур, А. А. Прияткин; гл. II — А. Ф. Грачев; гл. III — Л. В. Сергеева, Н. С. Чочиа; гл. IV — Г. А. Березкина; гл. V — В. Г. Зольников; гл. VI — И. С. Ильина, М. Д. Скарлыгина; гл. VII — Э. Е. Роднянская, Н. С. Чочиа; гл. VIII — М. М. Ермолаев, Л. Ф. Левковская, Л. В. Сергеева, И. Я. Крым, Л. А. Лабзин; гл. IX и X — М. Д. Скарлыгина; гл. XI — А. Ф. Грачев; гл. XII — М. М. Ермолаев, Н. С. Чочиа; Заключения — М. М. Ермолаев.

Научное руководство исследованиями осуществлялось проф. М. М. Ермолаевым.

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРЬ-КУМАКСКОГО ВОДОРАЗДЕЛА

ГЛАВА I ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Основным методом геологических исследований, проводившихся экспедицией на Орь-Кумакском водоразделе и в прилегающих к нему районах, было составление детальных послойных разрезов в масштабе от 1 : 1000 до 1 : 10 000 по долинам главных рек, пересекающих геологические структуры вкрест их простирации. Настоящая глава составлена как на основании результатов этих исследований, так и материалов работавших здесь ранее геологов — Я. Я. Вецлера, В. А. Гуцаки, В. Н. Красновой, М. В. Лозового и Я. А. Рихтера и др. Использованы также данные, полученные экспедицией № 9 Западного геофизического треста.

СТРАТИГРАФИЯ

В пределах рассматриваемой территории широко развиты эффузивные и метаморфические образования, лишенные органических остатков, что сильно затрудняет точное определение их возраста.

Девонская система. Наиболее древними породами района являются эффузивы нижнего девона и эйфельского яруса среднего девона, которые образуют три полосы, вытянутые в меридиональном направлении (рис. 2). Среди них преобладают диабазы, диабазовые порфиры и спилиты, часто встречаются порфиры и значительно реже альбитофиры. Широко развиты пирокластические образования. В породах проявляются процессы актинолитизации, альбитизации, эпидотизации и хлоритизации, свойственные эпидот-амфиболовой и зеленосланцевой фациям регионального метаморфизма. В тех местах, где эффузивы прорваны интрузиями гранитоидов, они превращены близ контакта в амфиболиты и далее — в породы типа метадиабазов.

До последнего времени рассматриваемые эффузивы считались силурийскими (суундукская свита), и лишь для некоторой части их допускалась возможность нижнедевонского возраста (Краснова, 1960, и др.) по аналогии с породами баймак-бурибаевской свиты силура, развитой в пределах Магнитогорского синклиниория к западу и северо-западу от изученной территории. Однако в 1961 г. Я. А. Рихтером севернее, на левом берегу р. Суундук, в 5 км ниже устья р. Джусы, в линзе известняков среди эффузивов суундукской свиты были обнаружены кораллы *Tryplasma devonianum* (Soshk.), характеризующие, по мнению определявшего их Н. Я. Спасского, отложения кобленцского и

эйфельского ярусов девона. Во время наших работ в 1962 г. эти сборы были повторены В. А. Поповой. Кроме того, выше по разрезу в известняках среди эфузивов, относимых ранее к улутауской свите (см. ниже) живетского яруса, Т. Н. Кривец и другие собрали остатки кишечнополостных: *Actinostroma clathratum* Rich., *Stromatopora concentrica* Goldf., *Amphipora* cf. *ramosa* Phill., *Paramphipora* sp., *Thamnopora* aff. *kurjaensis* Dubat., *Cladrodictyon* aff. *lazutkini* Javor., *Placocoenites medius* (Lec.), характерные, по мнению Н. Я. Спасского, для верхов эйфельского яруса среднего девона. Они же встречаются в верхах карамалыташской свиты Магнитогорского синклиниория. Здесь же были обнаружены криноидии *Enthrochus dentatus* Quenst. (эйфельский ярус, по определению

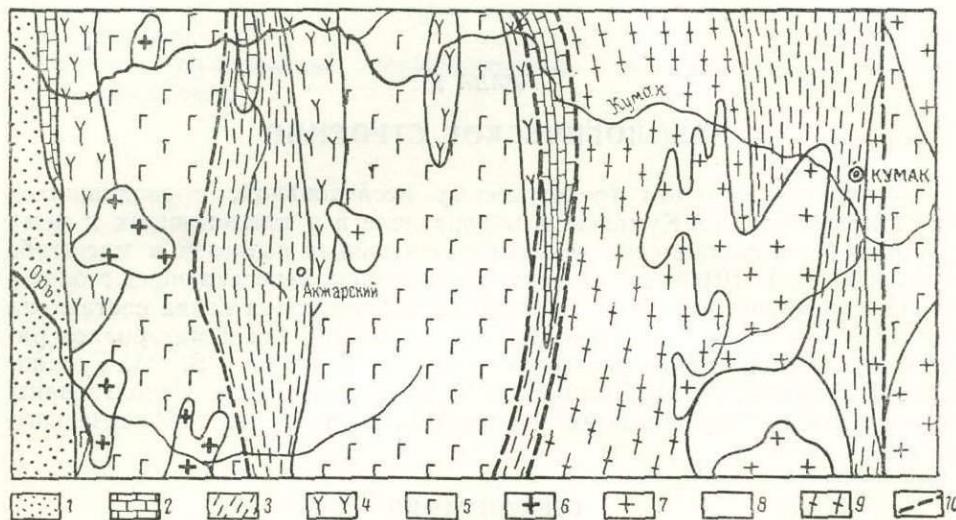


Рис. 2. Геологическая схема со снятым чехлом рыхлых кайнозойских отложений.
 1 — юра. Пески, глины, галечники; 2 — нижний карбон. Верхнее турне — нижнее визе, Кизильская свита. Известники; 3 — нижний карбон. Среднее визе — камор. Брединская (песчаники, глинистые и углистые сланцы) и березовская свиты (эфузивы и туфо-песчаники); 4 — средний девон. Живетский ярус. Улутауская свита. Туфо-песчаники, линзы известняков; 5 — нижний и средний девон (эйфельский ярус). Диабазы, порфириты и их туфы, изредка албитофиры; 6 — гранитоиды позднедевонские (?); 7 — гранитоиды послераннекаменноугольные; 8 — ультраосновные породы послераннекаменноугольные; 9 — метаморфические образования по породам среднего палеозоя, метаморфизованы в послераннекаменноугольное время. Амфиболиты, биотитовые гнейсы, различные сланцы; 10 — установленные разрывные нарушения.

Р. С. Елтышевой) и брахиопода *Atrypa* sp. Еще выше известняки, залегающие среди эфузивов и их туфов, содержат комплекс форм, характерный для живетского яруса (улутауская свита). Так как фауна эйфельского яруса приурочена к верхам эфузивной толщи, подстилающей улутаускую свиту, то возраст всей толщи находится, очевидно, в пределах нижний девон — эйфельский ярус среднего девона. При этом нижняя возрастная граница проводится условно. Расчленить единую толщу эфузивов на две свиты: ирендыкскую — нижнего девона и карамалыташскую — эйфельского яруса среднего девона, как это предлагает делать Я. А. Рихтер, — на изученной территории не удается.¹ Мощность толщи эфузивов ориентировочно оценивается в 1300 м.

Породы улутауской свиты, залегающей стратиграфически выше, обнажаются на ограниченной площади по р. Кумак, ниже пос. Иссиргу-

¹ Не исключена возможность, что на изученной территории присутствуют только породы карамалыташской свиты.

жи, а также в районах пос. Бултаевского и Кумак. Свита представлена здесь туфо-песчаниками и туфо-брекчиями порfirita и туфами смешанного состава, содержащими линзы известняков. С окружающими породами отложения эти контактируют по плоскостям разрывных нарушений или контакты не обнажены. В соседнем к северу районе, по левому берегу р. Суундук, в 8—10 км ниже устья р. Джусы, был прослежен постепенный переход от нижележащих эфузивов к породам улутауской свиты, однако в других местах в основании этой свиты геологи отмечают несогласие. В линзах рифовых известняков улутауской свиты содержится многочисленная фауна живетского яруса, списки которой имеются в литературе.

Каменноугольная система. Широкое развитие на территории изученного района имеют нижнекаменноугольные отложения, образующие здесь четыре полосы меридионального простирания. Отложения нижнего карбона четко подразделяются на две части: 1) терригенную брединскую свиту и ее фациальный аналог — преимущественно вулканогенную березовскую свиту верхнего турне — нижнего визе, 2) преимущественно карбонатную кизильскую свиту среднего визе — намюра.

Брединская свита, отложения которой распространены наиболее широко, представляет собой ритмично построенную толщу серых, зеленовато-серых и бурых песчаников, черных алевролитов и глинистых, нередко углистых сланцев с отпечатками флоры. Мощность свиты — до 1000—1200 м.

Березовская свита представлена эфузивами различного состава с прослойями туфо-песчаников. В изученном районе она выделяется лишь предположительно в районе, расположенному непосредственно к западу от пос. Кумак. Здесь породы ее подверглись изменению под воздействием гранитной интрузии. Мощность ее составляет около 1000 м.

Кизильская свита сложена главным образом известняками с многочисленной фауной. В составе ее присутствуют также мергели, песчаники и сланцы. Она встречена в двух местах: по р. Кумак, между устьями рек Каменки и Жарлы, и к югу от пос. Кумак. Мощность свиты — до 900 м.

В пределах изученной площади ненарушенные контакты между девонскими и каменноугольными отложениями не наблюдались. По данным же Н. Ф. Мамаева (1948) и др., отложения нижнего карбона в пределах восточного склона Южного Урала залегают на подстилающих породах с угловым несогласием. Косвенно на это указывает отсутствие на изученной территории отложений верхнего девона, а также конгломераты с гальками девонских эфузивов и гранитов (район хутора Боярский, к юго-западу от д. Домбаровки), наблюдавшиеся авторами в основании разреза нижнекаменноугольных отложений.

К нижнему карбону авторы предположительно относят также и метаморфизованные терригенные и эфузивные породы, обнажающиеся к западу от пос. Кумак, в долине р. Кумак, на протяжении не менее 10 км. В западной части разреза преобладают кварц-серicitовые и кварцхлоритовые сланцы с реликтовой алевритовой структурой, а также кварцитовидные песчаники с бласто-псаммитовой структурой. Присутствуют многочисленные маломощные прослои углистых сланцев и углистых кварцитов (брединская свита). В восточной части между устьями р. Тыкаша и р. Кумак преобладают метаморфизованные кварцевые кератофиры, кварцевые альбитофиры и метапорфиры (березовская свита). Указанные породы только на основании их метаморфизма относили ранее к докембрию или нижнему палеозою (Краснова, 1960, и др.). Часть этих пород, однако, М. В. Лозовой и ранее считал нижнекаменноугольными.

Основания для отнесения нами этих пород к нижнему карбону следующие:

1. Метаморфизм их связан с контактовым воздействием крупного гранитного массива послераннекаменноугольного возраста, выходящего на поверхность к западу и юго-западу от полосы указанных пород и залегающего в пределах площади их распространения на небольшой глубине. О неглубоком залегании интрузий свидетельствуют геофизические данные и выход их на поверхность в устье р. Тыкаша. Степень метаморфизма пород возрастает по мере приближения к интрузии.

2. Исходный состав метаморфизованных пород соответствует составу нижнекаменноугольных отложений. В частности, западнее устья р. Тыкаша в них встречаются прослои углистых сланцев, характерных для брединской свиты.

3. Как к северу, так и к югу от кумакского разреза (вне зоны воздействия интрузий) на простирации данных пород обнажаются неизмененные нижнекаменноугольные отложения, сохраняющие такое же простижение, как и метаморфизованные породы.

Юрская система. Юрские отложения на Орь-Кумакском водоразделе известны только по скважинам в Орской депрессии. Восточная граница их распространения примерно совпадает с современной долиной р. Орь.

В последнее время в связи с работами по изучению угленосной толщи Орской депрессии З. А. Малютина (1956, 1959) уточнила стратиграфию юрских отложений. Среди континентальных юрских отложений была выделена мамытская свита, занимающая промежуточное положение между хайбулинской и зирен-агачской свитами, ранее выделявшимися П. Безруковым и А. Л. Яншиным (1934). Отложения, относящиеся к ней, широко распространены в Орской депрессии. Они залегают или непосредственно на складчатом палеозойском основании, либо на древней коре выветривания, или на породах хайбулинской свиты. Перекрываются они третичными и четвертичными отложениями, а севернее — породами зирен-агачской свиты.

Мощность образований мамытской свиты колеблется от 40 до 170 м, составляя в среднем 100 м. Для большинства разрезов мамытской свиты характерна однородность вещественного состава (60—80% составляют глины), подчеркивающая устойчивость условий осадконакопления. Образование ее осадков происходило в обстановке озерно-болотной среды, на что указывает фациальный состав ее отложений.

Углы падения юрских отложений обычно имеют величины порядка 1—3° и только в краевой части депрессии достигают 6—10°. Несмотря на редкость выходов на поверхность этих отложений, в ряде случаев удается установить в них пологие складки небольшой амплитуды с углами наклона до 10—15° (к северу от г. Орска). Такие же складки были отмечены А. Г. Сульковской в обнажениях по р. Орь.

Палеогеновая система. К палеогеновой системе на Орь-Кумакском водоразделе принадлежат только отложения саксаульской свиты верхнего эоцена, относящиеся к континентальной фации. На Орь-Кумакском водоразделе они встречаются крайне редко, как и вообще на восточном склоне Южного Урала. Впервые эоценовые отложения были описаны на левобережье р. Орь А. А. Петренко (1939), затем под вопросом они выделены на правобережье р. Орь К. И. Дворцовой и уже более определенно как об эоценовых пишет о них А. Л. Яншин (1948).

Породы, относящиеся к эоцену, мы наблюдали только в верховьях р. Ашебутак, где они представлены отдельными глыбами светло-серых кварцевых песчаников с отпечатками стеблей древесной растительности, реже — бурыми железистыми крупнозернистыми песчаниками, местами

переходящими в мелкогалечные конгломераты. Эоценовые песчаники состоят исключительно из кварца, зерна которого хорошо окатаны, реже попадаются угловатые обломки; структура псаммитовая с халцедоновым или опаловым цементом заполнения. Для железистых песчаников характерен гетит-лимонитовый цемент базального (у мелкозернистых песчаников) или порового (у крупнозернистых) типа.

Наиболее полный сбор флористических остатков был сделан А. А. Петренко (1939), который на левом берегу р. Орь, у пос. Роман-Куль, в кварцевых песчаниках собрал отпечатки листьев (определения А. Н. Криштафовича): *Quercus (Dryophyllum) furcinervis* (Rossm.) Heeg., *Laurus Omalii* Sap. et Mart., *Aralia transversinervia* Sap. et Mart., *Andromeda Protoaea* Und., *Sequoia condifside* Heeg., *Clystostrobus parisensis* Brong., *Phyllites* sp.

Здесь же в 1950 г. Н. Д. Васильевская нашла и определила: *Cinnamomum* sp., *Ficus* cf., *Rodowiezi* Sepmalih., *Quercus ilaeana* Ung., что устанавливает верхнеэоценовый возраст этих отложений. Разрез у пос. Роман-Куль заключает наиболее полный флористический комплекс, и потому с ним сопоставляются все другие разрезы. Характерный состав и внешний облик («дырячные» песчаники) делают оправданными такие сопоставления. Отмеченная мощность отложений саксаульской свиты — 4—6 м.

Неогеновая система. Отложения, относящиеся на Орь-Кумакском водоразделе к неогеновой системе, образовались в большинстве случаев за счет размытия коры выветривания. Они встречаются на различных типсометрических уровнях, иногда намечается их приуроченность к депрессиям. Бедность фауной и флорой затрудняет их стратиграфическое расчленение (см. рис. 6).

Миоценовые отложения не имеют сплошного распространения на Орь-Кумакском водоразделе и залегают, как правило, на коре выветривания. Они представлены пестроцветными плотными глинами. Их основной цвет — голубовато-серый. На его фоне отчетливо вырисовываются малиновые и красные прожилки, придающие глинам волокнистую «структурку». Часто к ним приурочены железисто-марганцовистые конкреции, включения карбонатов и гипса.

Аналогичные миоценовые отложения наблюдаются в окрестностях г. Орска, в Гайском карьере и других местах восточного склона Южного Урала. Характерный внешний облик этих глин (на Урале их называют «кавардачными» глинами или просто «кавардаками») позволяет сопоставлять их с аналогичными отложениями аральской свиты, возраст которой определяется как среднемиоценовый (Покровская, 1961).

Зерна пыльцы в исследованных образцах встречены только единично и не дают возможности палинологически охарактеризовать изученные разрезы. На возможность миоценового возраста этих образований указывает и их залегание под плиоценовыми отложениями.

Отложения, сходные с этими пестроцветными глинами, описаны А. Г. Черняховским (1963) в Орской депрессии и выделены в самостоятельную катанадырскую свиту (нижний миоцен). Мощность миоценовых отложений не превышает 6—8 м.

Плиоценовые отложения на Орь-Кумакском водоразделе пользуются широким распространением. Они вскрыты многочисленными скважинами и шурфами и доступны для непосредственного изучения. Это позволило выявить две характерные особенности: залегание этих отложений или на породах палеозойского основания, или на юрских осадках, или на коре выветривания (последний случай наиболее типичен) и довольно резкая фациальная изменчивость их как в вертикальном, так и горизонтальном направлении.

Всю толщу плиоценовых отложений можно разделить на нижний комплекс преимущественно красноцветных глин с железисто-марганцовистыми конкрециями и верхний — преимущественно песчаных отложений. В залегании отложений нижнего комплекса не наблюдается какой-либо закономерности. Наоборот, осадки верхнего комплекса приурочены к озерно-аллювиальным равнинам — меридиональным депрессиям, заложенным в позднем плиоцене.

Сходство нижнего комплекса с отложениями миоценового возраста (цвет осадков, наличие гипса, карбонатов кальция и железисто-марганцовистых конкреций) позволяет предполагать, что они формировались в близких физико-географических условиях сухого климата с переменным увлажнением. Сопоставление их минералогического состава с составом коры выветривания позволяет считать их образовавшимися за счет ее размыва. Возможно, что отсутствие слоистости красноцветных отложений связано с тем, что осадконакопление происходило в периодически пересыхающих озерах за счет материала плоскостного смыва, наиболее активно протекавшего во влажные периоды года.

Их плиоценовый возраст определяется на основании сопоставлений с красными глинами в районе г. Орска, где у горы Полковник А. А. Петренко (1953) обнаружил фауну, характеризующую верхи плиоцена. Палинологические исследования аналогичных глин в районе пос. Бурыктал позволили Н. Н. Сиговой отнести их к плиоцену. Мощность плиоценовых отложений достигает 30 м.

Четвертичные отложения развиты на Орь-Кумакском водоразделе незначительно и приурочены в основном к долинам рек. Среди них по генезису можно выделить: аллювиальные, элювиальные, деляювиальные и элювиально-деляювиальные отложения. Расчленение по возрасту возможно лишь для аллювиальных отложений.

Нижнечетвертичные отложения слагают III надпойменную террасу р. Кумак, а также вскрыты скважинами в районе древней долины р. Кумак. Представлены они кварцевым разнозернистым песком с мелкой галькой кварца или плотными глинами с большим количеством окатанных зерен кварца. Их мощность меняется от 3 до 14 м. Возраст аллювия III террасы р. Кумак определяется находкой пыльцы в аллювии древней долины, формировавшейся одновременно с III террасой. По данным А. Д. Наумова,² палинологический спектр позволяет считать их верхнеплиоценовыми — нижнечетвертичными. Кроме того, аллювий III террасы залегает на красноцветных глинах нижнего комплекса плиоценовых отложений.

Среднечетвертичные отложения образовались в условиях изменившейся тектонической и геоморфологической обстановки. К этому времени приурочена перестройка речной сети. К этим отложениям относится аллювий II надпойменной террасы рек Кумак, Орь, Жарлы с характерным преобладанием песчанистых образований в верхней части аллювия и глинистых в нижней, хорошо развитой косой слоистостью в песчанистом горизонте, облессованием верхних частей разреза.

Прямых указаний на возраст этих отложений нет, и говорить об их среднечетвертичном возрасте можно лишь по их литологическому сходству с аллювием II надпойменной террасы р. Урала у г. Орска, где В. И. Елисеевым (1950) были найдены кости и зубы *Elephas primigenius* (ранний тип). Палинологический анализ позволяет только говорить о господстве степных условий во время формирования данных отложений.

Верхнечетвертичные отложения аккумулировались уже после более активных тектонических движений среднечетвертичного времени. К ним

² Устное сообщение.

относятся осадки I надпойменной террасы, характеризующиеся следующими признаками: 1) наличием большого количества грубозернистого материала; 2) полимиктовым составом гравия и галек, 3) частым чередованием различных фаций — русловых, пойменных, стариичных и др. и 4) желто-бурым цветом отложений.

В аллювии первой надпойменной террасы рек Джитымсай, Тыкаша, Кумак нами были обнаружены моллюски: *Succinea pfeifferi* Rossm., *Succinea ablonga* Drap., *Slagnicola palustris* var. *Fusca* C. Pfeif., *Paraspira leucostoma* Millet., *Planorbis planorbis* L., которые, по заключению определявшего их У. Н. Мадерни, датируют возраст террасы как верхнечетвертичный. Близкий комплекс моллюсков в отложениях I террасы р. Кумак был обнаружен А. В. Кузнецовым в 1959 г., а В. И. Елисеев (1950) для I надпойменной террасы р. Урала также приводит аналогичный список пресноводных и наземных моллюсков.

К современным образованиям относятся отложения высокой и низкой пойменных террас, представленные светло-желтыми среднезернистыми рыхлыми песками и иловатыми грязно-серыми супеями. Галечниковый материал не характерен и наблюдается в виде мелких, редко рассеянных галек или небольших линз среди песков. Пойменная терраса достигает высоты 3 м, имеет неровную поверхность, изобилует старицами и озерками, что говорит о спокойных условиях накопления осадков. Голоценовые отложения низкой поймы высотой до 1,5—2 м представлены обычно иловатыми серо-бурыми супеями с прослойями песка.

Четвертичные отложения других генетических типов пользуются небольшим распространением, имеют незначительную (1—3 м) мощность и по возрасту не могут быть расчленены.

Интрузивные породы

В пределах исследованного района интрузивные породы пользуются очень широким распространением и чрезвычайно разнообразны по своему составу. Ряд интрузий изучался нами непосредственно, это главным образом интрузии гранитоидов, развитые среди метаморфических пород по рекам Кумак, Кiemбай, Джар-Бутак, Ушката, а также гранитоиды Иссиргужинского, Можаровского и Ащебутакского массивов. В то же время интрузии ультраосновных и основных пород нами не исследовались, так как они описаны в работах Л. С. Лозовой и М. В. Лозового (1961), В. Н. Красновой (1960) и А. Д. Наумова (1961) и др.

Для большей части интрузий гранитоидов возраст формирования по геологическим наблюдениям и результатам определения абсолютного возраста устанавливается как послераннекаменноугольный. Некоторые интрузии: Иссиргужинская, Можаровская, Ащебутакская — являются, по-видимому, позднедевонскими, так как они прорывают среднедевонские вулканогенные отложения, а их галька встречена в базальных конгломератах, залегающих в основании нижнего турне.

Интрузии гранитоидов, размещающиеся среди метаморфических пород по рекам Кумак, Джар-Бутак, Шандаша, Кiemбай и Ушката, сформированы по крайней мере в три интрузивные фазы. В первую фазу проявления гранитоидного интрузивного магматизма возникли диориты, кварцевые диориты и гранодиориты. Они встречаются главным образом по рекам Кумак, Шандаша и Кiemбай. Гранитоиды второй фазы представлены средне- и крупнозернистыми нормальными биотитовыми гранитами, иногда лейкократовыми, иногда несколько гибридизированными. И наконец, в третью фазу сформировались небольшие, обычно дайкообразные тела мелкозернистых аплитовидных гранитов, иногда тесно ассоциирующих с пегматитами.

Почти все интрузии гранитоидов, наблюдающиеся в зоне развития метаморфических пород, резко вытянуты в субмеридиональном направлении и имеют крутое, обычно вертикальное падение. Как правило, интрузии нацело огнейсированы, причем направление гнейсовидности во вмещающих гнейсах и гранитоидах совпадает. Гнейсовидность в гранитоидах возникла, вероятнее всего, вследствие их синтектонического внедрения одновременно с блоковыми движениями вдоль вертикальных разломов субмеридионального направления. Наличие таких разломов и значительные перемещения по ним хорошо документируются данными геофизических исследований.

Абсолютный возраст гранитных интрузий второй (главной) фазы (Гаррис, 1964), определенный калий-argonовым методом по микроклину и биотиту для массивов, приуроченных к указанной полосе метаморфических пород (Адамовский и Нижне-Ушкатинский), составляет 282—300 млн. лет. Возраст гранит-порфиров Кумакской дайки, располагающейся в восточной части изученного района, по данным Л. С. Лозовой и М. В. Лозового (1961), составляет по микроклину 220—225 млн. лет, по мусковиту 267 млн. лет. Определение производилось калий-argonовым методом в лаборатории Горно-геологического института БФАН СССР. Нами были отобраны три образца слюд (мусковита и рубидиевой слюдки) из пегматитовых жил, развитых среди гранитоидов второй фазы в районе 3-й фермы совх. Кумакский по р. Кумак и в районе р. Шандаша. Определение абсолютного возраста калий-argonовым и рубидиево-стронциевым методами, произведенное в Лаборатории геологии докембра, показывает, что их возраст составляет 245—265 млн. лет.

Метаморфические образования

В описываемом районе метаморфические породы слагают полосу шириной в несколько километров, вытянутую в меридиональном направлении. Они перемежаются с герцинскими гранитными интрузиями, причем роль интрузий намного значительнее, чем указывалось ранее Я. Я. Вецлером и другими геологами, которые относили к гнейсам большую часть огнейсированных гранитоидов. Метаморфические породы изучались авторами в разрезах по рекам Кумак, Тюлькубай, Шандаша, Кiemбай, Джар-Бутак и Ушката. Наиболее полно разрез этих пород представлен на правом берегу р. Кумак, где хорошо устанавливаются особенности их состава, структуры и метаморфизма.

Литологический состав пород метаморфической толщи пестрый: амфиболиты, амфиболовые сланцы и амфиболовые гнейсы, биотитовые гнейсы, ставролитовые и кианитовые гнейсы, огнейсированные гранитоиды, разнообразные слюдяные сланцы, катаклазиты и милониты всех перечисленных выше пород. Наибольшим распространением пользуются амфиболиты, биотитовые гнейсы, гранитоиды, а наименьшим — ставролитовые и кианитовые гнейсы. Интенсивность метаморфических процессов неодинакова в различных участках. Наряду с полностью перекристаллизованными породами, утратившими все признаки исходного продукта, встречаются и разновидности, сохранившие реликтовые структуры. Изучение таких разновидностей позволяет охарактеризовать первоначальный состав метаморфизованных пород как довольно пестрый. В них входили песчаники, глинистые сланцы, изредка мергели; главную же роль играли эфузивные породы среднего и основного состава.

Выделяющиеся по петрографическому составу в пределах метаморфической толщи породы имеют разнообразные минеральные парагенезисы, что позволяет различать целый ряд фаций регионального метамор-

физма: фации зеленых сланцев, эпидот-альбит-амфиболитовой и амфиболитовой. Распределение этих фаций тесно связано с интрузиями гранитоидов (гнейсо-гранитов). Участки, сложенные породами различных фаций, образуют линейно вытянутые субмеридиональные зоны, совпадающие с простирианием длинных осей гранитных интрузий.

Интенсивно перекристаллизованные породы (амфиболиты, амфиболово-биотитовые, биотитовые, ставролитовые гнейсы и т. д.) тесно ассоциируют с интрузиями гранитов и инъекциями гранитного материала (аплитовыми, пегматитовыми и кварц-полевошпатовыми жилами). По мере удаления от контакта с интрузиями степень метаморфизма (перекристаллизации) уменьшается.

Как уже указывалось выше, интрузии гранитов и диоритов, располагающиеся среди метаморфических пород, являются синтектоническими. Наличие гнейсовых текстур в жильных дериватах гранитоидов и многочисленных зон милонитизации и катаклаза как в гнейсо-гранитах, так и в жильных породах свидетельствует о длительных подвижках вдоль разломов, по которым внедрились гранитоиды. Наблюдение за крупными складками метаморфических пород показывает, что складчатость в них не интенсивнее, чем в прилегающих к метаморфической толще эфузивно-осадочных палеозойских отложениях. Обычно это крупные складки северного, северо-западного направления. Нередко отмечается запрокидывание складок на юго-запад, что прослеживается по ритмичным осадкам.

Микроскладчатые и микроплойчатые структуры возникают только в пластичных породах (глинистых осадках) и не прослеживаются в более компетентные породы (как, например, песчаники или эфузивы). Два главных направления макро- и микроскладок — 310 и 340°. Прослеживающиеся дизъюнктивные нарушения имеют два главных направления: северо-западное — главное и северо-восточное — подчиненное и обычно более позднее, что свидетельствует о неоднократном проявлении динамометаморфизма. Наблюдения над линейностью и зеркалами скольжения в метаморфических породах позволяют говорить о значительной роли горизонтального сжатия при их формировании.

Возраст метаморфизма (время образования высокотемпературных фаций) определяется возрастом гранитных интрузий, под влиянием которых возникли метаморфические породы, и составляет, очевидно, 280—300 млн. лет, что соответствует среднему и верхнему карбону (Гаррис, 1964). Внедрение герцинских гранитов вдоль меридиональных разломов осуществлялось в несколько этапов, что в сочетании с многократными движениями вдоль зон разломов создало сложную картину метаморфизма пород.

Высокая степень метаморфизма пород заставляла ранее некоторых геологов рассматривать их как образования докембрия (А. А. Петренко, Я. Я. Вецлер и др.). Полученные нами данные свидетельствуют о связи метаморфизма с герцинским тектономагматическим развитием восточного склона Южного Урала. К подобному заключению пришел также Я. А. Рихтер.

Древняя кора выветривания

Древняя кора выветривания широко распространена на Орь-Кумакском водоразделе и развита на палеозойских породах различного петрографического состава. Рассматривая ее распределение по площади, можно установить ее связь с современным рельефом, что объясняется общностью истории их развития.

По отношению к современному эрозионному срезу выделяются погребенная и непогребенная коры выветривания. Участки развития первой приурочены к аккумулятивным равнинам различного генезиса, где она погребена под покровом мезозойских, третичных и четвертичных образований (Орская, Акжарская и Кумак-Котансинская депрессии). Сюда же следует отнести и часть территории Орь-Кумакского водораздела, где развиты плиоценовые и верхнеплиоценово-нижнечетвертичные отложения (см. рис. 4). Непогребенная кора выветривания развита на пенеплеле, занимающем значительную часть площади Орь-Кумакского водораздела, и встречается на отметках от 300 до 370 м, образуя сплошной покров и фиксируя пенеплен. Отсутствует кора выветривания в местах, подвергшихся размыту, связанному с проявлением новейших тектонических движений. В рельефе таким местам соответствуют мелкосопочник, откопанный пенеплен (в районе пос. Иссиргужи, г. Бис-Тюбе, пос. Кумак и т. д.).

Преобладающим типом коры выветривания является площадной. Коры линейного типа развита слабо и отмечена лишь в долине р. Тыкаша. Мощность коры выветривания не выдержана и колеблется от 2 до 40 м, составляя в среднем 15—20 м. В зависимости от материнских пород, на которых кора развита, можно выделить следующие ее типы: на основных породах, на гранитоидах, на метаморфических сланцах, на серпентинитах и на известняках.

Наиболее древними породами, перекрывающими кору выветривания на Орь-Кумакском водоразделе, являются отложения хайбулинской свиты средней юры (см. выше), вскрытые рядом скважин в Орской депрессии. Бурение же, проведенное в самое последнее время, показывает, что под среднеюрскими отложениями залегают пестроцветные породы, представляющие переотложенную кору выветривания и содержащие растительные остатки нижнеюрского и триасового возраста, условно отнесенные З. А. Малютиной (1959) к рэт-лейасу.

Несколько южнее, в той же Орской депрессии, у пос. Романкуль, В. Н. Разумовой (1963) было описано залегание под рэт-лейасовыми отложениями коры выветривания латеритного профиля. Эти данные показывают, что кора была сформирована уже к началу юрского периода. Все же ввиду того, что возраст рэт-лейасовых отложений строго не доказан, мы можем ее достоверно датировать только как досреднеюрскую. Это, конечно, не исключает и ее более древний возраст, о чем говорят находки разрезов досреднеюрской коры выветривания с переработанными верхними горизонтами (Гинзбург, 1947; Разумова и др., 1963).

К востоку от р. Орь кора перекрывается зоценовыми, миоценовыми, плиоценовыми и четвертичными отложениями. В районах, смежных с Орь-Кумакским водоразделом, кора выветривания лежит под морскими верхнемеловыми и палеоценовыми породами. Это давало повод ряду исследователей писать о домеловой (Бер, 1932; Гудаки, 1961, 1963) или дотретичной коре выветривания, хотя залегание коры под покровом каких-либо отложений говорит лишь о более молодом возрасте этих перекрывающих ее образований и не определяет ее действительного возраста.

Возраст коры выветривания Орь-Кумакского водораздела, т. е. время формирования ее основного профиля, мы принимаем как досреднеюрский. Не следует, однако, отрицать возможность ее последующей переработки. Может быть, именно с этим связана концентрация в ней ряда элементов. Однако на основе анализа обширного материала по всему Южному Уралу И. И. Гинзбург еще в 1947 г. пришел к выводу «об отсутствии интенсивного разложения пород в послеюрское время». В самое последнее время о триас-юрском возрасте коры пишут В. Н. Ра-

зумова и А. Г. Черняховский (1963) для Орь-Илецкого водораздела, Н. И. Архангельский (1963) — для восточного склона Урала. Сходная картина наблюдается и в Казахстане (Разумова, 1961).

ТЕКТОНИКА

Изученная территория целиком входит в состав складчатой области, сформировавшейся на месте герцинской эвгеосинклиналии восточного склона Южного Урала. По геологическому строению и характеру гравитационного поля в пределах изученной территории выделяются две зоны, вытянутые в меридиональном направлении: западная — зона эффузивных и осадочных образований среднего палеозоя и восточная — зона герцинских гранитоидов и метаморфических образований (рис. 3). Гра-

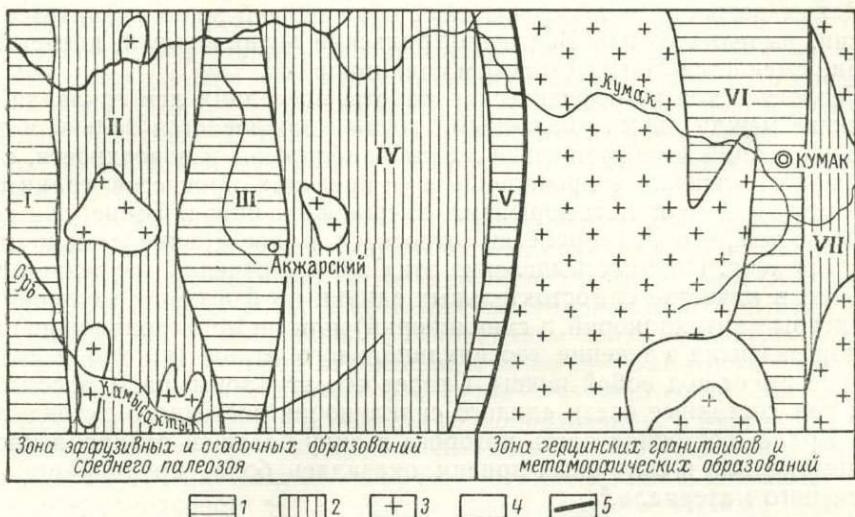


Рис. 3. Тектоническая схема палеозойского фундамента.

I — Можаровская синклиналь; II — Ашебутакская антиклиналь; III — Акжарская синклиналь; IV — Тюлькубайская антиклиналь; V — Домбаровская приразломная синклиналь; VI — Кумакская синклиналь; VII — Кокпектинская антиклиналь. 1 — синклинальные участки, построенные отложениями верхнего структурного яруса (нижний карбон); 2 — антиклинальные участки, построенные отложениями нижнего структурного яруса (нижний и средний девон); 3 — герцинские гранитоиды и метаморфические образования; 4 — герцинские интрузии ультраосновного состава; 5 — региональный разлом.

ница между ними проходит в почти меридиональном направлении на юг от впадения р. Жарлы в р. Кумак до верховьев р. Байту. Она совпадает с региональным разломом, имеющим, по-видимому, большую глубину заложения, что подчеркивается резким градиентом изменения около него гравитационного поля, понижающегося с запада на восток. На западе вдоль этого нарушения протягивается узкая приразломная синклиналь, сложенная сланцами и известняками нижнего карбона; с востока к нему приурочена узкая полоса интенсивного проявления процессов дислокационного метаморфизма в осадочных и магматических породах.

Для западной зоны характерно присутствие мощной толщи неметаморфизованных эффузивных и осадочных образований среднего палеозоя, сравнительно небольшое развитие интрузивного магматизма, общее положительное значение аномалий гравитационного поля, на фоне которого локальными минимумами отмечаются интрузии гранитоидов. Для восточной зоны характерно значительное развитие интрузивного



магматизма. Интрузии гранитоидов на значительной площади прорывают и метаморфизуют эфузивные и осадочные породы среднего палеозоя. Аномалии гравитационного поля в пределах данной зоны имеют устойчивое отрицательное значение, на фоне которого локальными максимумами выделяются участки, сложенные эфузивами среднего палеозоя. Для этой зоны в целом характерно приближение гранитных масс к земной поверхности, а также общее утолщение гранитного слоя, связанное, по геофизическим данным Г. М. Левина, также с понижением кровли базальтового слоя.

Указанные две крупные зоны выделялись и ранее на тектонических схемах Южного Урала. Так, И. И. Горский (1943) выделил западную зону под названием Магнитогорского синклинального погружения, а восточную — под названием зоны герцинских гранитных интрузий (Тобольское поднятие). А. А. Петренко, исходя из представления о докембрийском возрасте метаморфических образований зоны гранитных интрузий, выделил ее как Восточно-Уральский антиклиниорий, который на западе сменяется Магнитогорским синклиниорием.

Геологические и геофизические работы последних лет показали, что различие между двумя указанными зонами заключается только в том, что в восточной зоне гранитные массы приближены к поверхности, с чем и связано интенсивное проявление в ее пределах процессов гранитоидного магматизма и метаморфизма вмещающих пород. Выше уже говорилось о том, что эти процессы относятся к послераннекаменноугольному времени. Поэтому выделение этих зон в пределах изученной территории в качестве самостоятельных единиц по форме образуемой ими структуры (антиклиниорий и синклиниорий) или по противоположной тенденции развития в течение геосинклинального этапа (прогиб и поднятие) не имеет под собой почвы. Скорее обе эти зоны надо рассматривать как составные части единого синклиниория восточного склона Южного Урала, восточная часть которого в силу большей раздробленности разломами или в силу иных причин оказалась более проницаемой для гранитного материала.³

Внутренняя структура этого синклиниория, сформировавшаяся к концу раннего карбона, является складчато-глыбовой и представлена чередованием вытянутых в меридиональном направлении антиклиналей, в строении которых принимают участие эфузивные и пирокластические породы нижнего и среднего девона, а также синклиналей, сложенных осадочными и, реже, эфузивными образованиями нижнекаменноугольного возраста (см. тектоническую схему). Данные частные структуры отчетливо выражены в пределах западной зоны, в пределах же восточной зоны удается обнаружить лишь отдельные их фрагменты, сохранившиеся в промежутках между обширными полями гранитоидов и метаморфизованных образований.

На изученной территории широкое развитие имеют разрывные нарушения, как правило, круто падающие и вытянутые в субмеридиональном направлении на значительное расстояние в соответствии с общим простиранием структурных элементов. Полосы развития девонских и каменноугольных пород почти во всех случаях разделены разрывами. Чередование этих полос в плане обусловлено, таким образом, не только складчатой, но и блоковой структурой рассматриваемой территории. Однако, считая складчатую природу выделенных на тектонической схеме

³ В настоящей работе для обозначения этих зон в ряде случаев все же используются названия Магнитогорский синклиниорий и Восточно-Уральский антиклиниорий, т. к. они прочно вошли в геологическую литературу и позволяют легко ориентироваться в пространственном распределении явлений.

ме структурных форм первичной, мы использовали термины: «антиклиналь» и «синклиналь».

В их пределах наблюдается преимущественно моноклинальное залегание пород с крутым падением к западу или востоку, лишь иногда встречаются фрагменты складок, ограниченные, как и моноклинали, разломами. Западные падения пород, по-видимому, являются первичными, а восточные в некоторых случаях обусловлены запрокидыванием пород на запад, что особенно отчетливо проявляется по р. Кумак в пирокластических образованиях улутауской свиты к востоку от пос. Бултаевского и в слабо метаморфизованных песчано-сланцевых образованиях карбона в районе фермы № 3 совх. Кумакский.

Рассматриваемая территория в целом входит в состав герцинской складчатой области, претерпевшей эвгеосинклинальное развитие в течение среднего палеозоя. В строении ее складчатого фундамента выделяются два структурных этажа, разделенных угловым несогласием и соответствующих двум стадиям геосинклинального развития. Нижний структурный этаж сложен эфузивными образованиями нижнего и среднего девона и в настоящее время выходит на поверхность только в антиклинальных участках. Верхний структурный этаж представлен отложениями нижнекаменноугольного возраста и обнажается в синклиналях.

Геосинклинальный режим на Орь-Кумакском водоразделе закончился в конце раннего карбона складчатостью, сопровождавшейся внедрением интрузий гранитоидов и проявлением процессов метаморфизма. Геосинклинальное развитие в пределах изученной территории было полным, так как оно завершилось формированием зоны герцинских гранитных интрузий, для которой характерно утолщение гранитного слоя.

Начиная со среднекарбонового времени весь восточный склон Южного Урала превращается в область горообразования, в результате чего здесь устанавливаются континентальные условия. Орогенический режим сохранялся в течение позднего карбона и перми, а также, очевидно, в течение раннетриасового и частично среднетриасового времени, что подтверждается литолого-фациальным анализом отложений, выполняющих депрессии (Тужикова, 1959, и др.). Эти отложения представлены крупнообломочным материалом, слабо окатанным и плохо сортированным, разнообразного петрографического состава, изменчивого даже на коротких расстояниях; характерна и резкая фациальная изменчивость, а также отсутствие четкой стратификации. Все эти признаки свидетельствуют о том, что описанные отложения были образованы временными потоками, стекавшими со склонов горных хребтов и образовывавшими конусы выноса.

Окончание горообразования и начало платформенного режима происходит на конец среднего триаса, так как уже в позднем триасе разрушение горной страны достигло стадии пенеплена. Первым событием, которое привело к деформации уже сформировавшегося пенеплена Орь-Кумакского водораздела, были тектонические движения среднеюрского возраста, с которыми связано заложение Орской депрессии, приуроченной к западной части района. Фациальный анализ развитых в ее пределах среднеюрских отложений показывает, что Орская впадина представляет собой конседиментационный прогиб, компенсированный осадкоакоплением.

Дальнейшая, послеюрская история развития этой территории детально рассматривается в следующей главе. Здесь же отметим только, что вся послепалеозойская история тектонического развития Орь-Кумакского водораздела выявляет признаки, присущие щитам, а именно: 1) на большей части территории на поверхность выходят породы складча-

того основания, лишь местами перекрыты маломощным чехлом осадочных отложений; 2) в течение всего мезозойского и кайнозойского времени исследованная территория испытывает очень слабые недифференцированные поднятия и является областью размыва; 3) в пределах ее накапливаются осадочные формации, характерные для щитов и имеющие следующие отличительные особенности: а) все они являются автохтонными формациями, образовавшимися за счет местного материала, б) морские отложения в пределах Орь-Кумакского водораздела отсутствуют, в) исключительное развитие имеет кора выветривания, за счет размыва которой образовалась большая часть кайнозойских отложений. Все отмеченные признаки позволяют рассматривать современную структуру Орь-Кумакского водораздела как часть щита эпигерцинской платформы.

ГЛАВА II

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Современный рельеф Орь-Кумакского водораздела отражает длительную историю развития древнего, досреднеурского пленеплена восточного склона Южного Урала. При этом исключительная сохранность многих черт древнего геоморфологического ландшафта объясняется в первую очередь особенностью тектонического режима, а именно — очень слабой интенсивностью тектонических процессов, имевших место после эпохи пленепленизации. Возможно, что это связано с положением Орь-Кумакского водораздела на стыке Урала (области слабого горообразования) с Западно-Сибирской плитой. Если Урал в течение всего указанного времени испытывал преимущественное поднятие, то Западная Сибирь в основном опускалась, что и определило относительно малую интенсивность тектонических движений в зоне изменения направленности тектонических процессов.

Развитие рельефа после эпохи пленепленизации шло путем преобразования древнего пленеплена как новейшими тектоническими движениями, так и за счет климатических воздействий, что и определило современный морфологический облик Орь-Кумакского водораздела. Влияние климата сказалось особенно на формировании речных террас и озерно-делювиальной равнины, которая развивалась в semiаридных условиях, определивших характер рельефообразующих процессов с преимущественным развитием плоскостного смыва. Новейшие тектонические движения, наибольшая активность которых отмечается в конце плиоцена — начале четвертичного периода, определили распределение речной сети озерно-аллювиальных равнин, приуроченных в основном к молодым депрессиям, и мелкосопочника, связанного с локальными новейшими поднятиями.

Другой важной особенностью геоморфологического строения Орь-Кумакского водораздела является его чрезвычайно большое сходство со строением рельефа Казахстана; типы рельефа нашей территории аналогичны установленным З. А. Сваричевской (1940, 1965) для Казахстана. Вероятно, это объясняется общностью геологического развития в мезозое и кайнозое Урала и Казахстана, в силу чего основные этапы рельефообразования различных районов Урала (Никифорова, 1948; Наумов, 1961; Баева и Грачев, 1963) и Казахстана (Сваричевская, 1965)¹ обнаруживают также многие черты сходства.

¹ Проведенные летом 1963 г. Межведомственной Геоморфологической Комиссией и Уральским Геологическим Управлением увязочные маршруты по Уралу, в которых принимали участие З. А. Сваричевская и автор, подтверждают справедливость проведенной аналогии.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ РЕЛЬЕФА

На территории Орь-Кумакского водораздела можно выделить две категории рельефа: денудационный и эрозионно-аккумулятивный (рис. 4а и б).

Денудационный рельеф

К этой категории относятся четыре типа рельефа: 1) пепелен, фиксированный остаточной корой выветривания, 2) пепелен с переотложенной корой выветривания, 3) пепелен со смытой корой выветривания (откопанный пепелен), 4) мелкосопочник.

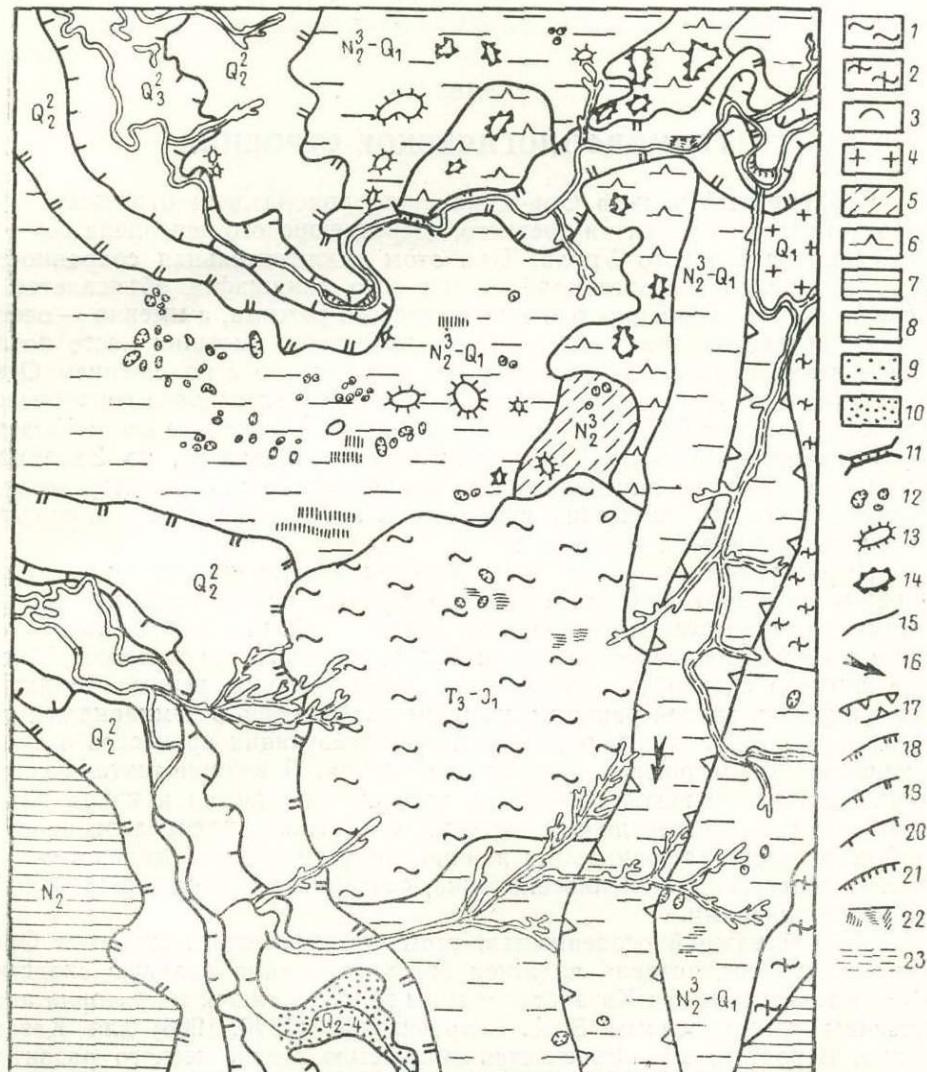


Рис. 4а. Фрагмент геоморфологической карто-схемы.

1 — почти нерасчлененный пепелен, фиксированный остаточной корой выветривания; 2 — слабо расчлененный пепелен, фиксированный остаточной корой выветривания; 3 — расчлененный пепелен, фиксированный остаточной корой выветривания; 4 — пепелен со смытой корой выветривания (откопанный пепелен); 5 — пепелен с переотложенной корой выветривания; 6 — мелкосопочник склонов; 7 — озерно-делювиальная равнина; 8 — озерно-аллювиальная равнина; 9 — долинообразные понижения, выполненные аллювиально-делювиальными отложениями; 10 — ширасчлененный комплекс террас; 11 — долина прорыва; 12 — карстовые воронки; 13 — монадноки; 14 — останцы эрозионные; 15 — границы типов рельефа; 16 — направление течения древней речной сети; 17 — древняя погребенная долина; 18 — уступ III надпойменной террасы; 19 — уступ II надпойменной террасы; 20 — уступ I надпойменной террасы; 21 — уступ поймы; 22 — уступ коренного берега; 23 — заболоченные места.

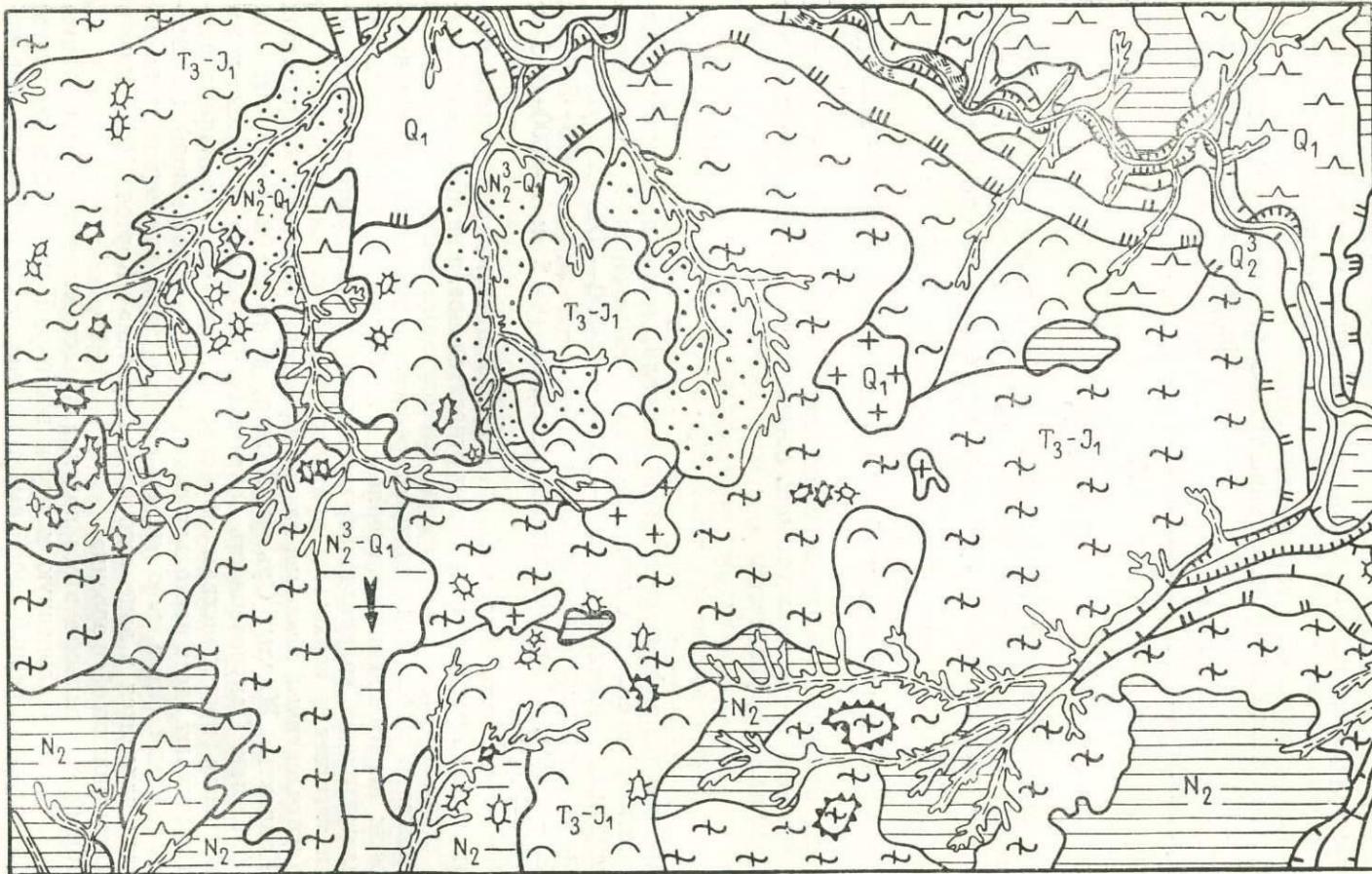


Рис. 4б. Фрагмент геоморфологической карто-схемы.
(Условные обозначения см. на рис. 4а.)

1. Пенеплен, фиксированный остаточной корой выветривания, занимает большую часть территории Орь-Кумакского водораздела; наиболее типичен рельеф на левобережье р. Кумак (к востоку от пос. Можаровка и к северу от совх. Акжарский). При выделении морфологических разновидностей данного типа рельефа мы использовали морфометрические коэффициенты, являющиеся объективными количественными характеристиками.

С этой целью были использованы три морфометрических показателя: глубина и густота расчленения, угол наклона. Первые два показателя определяются по формулам, предложенным В. Н. Ченцовым (1948). Глубина расчленения (β) рассчитывается по формуле

$$\beta = \frac{\sum_{1}^n [h]}{M + n},$$

где h — среднее из встречающихся на профиле вертикальных расстояний между двумя денудационными уровнями; M — число точек перегиба; n — число профилей; густота расчленения (α) — по формуле

$$\alpha = \frac{D}{M + n},$$

где D — общая длина профилей; M — число точек перегиба; n — число профилей.

Угол наклона (γ) (средние значения для каждого из подтипов рельефа) может определяться или обычным путем, или на основании приведенных коэффициентов

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\beta}{\alpha}.$$

Используя морфометрические показатели, можно выделить следующие подтипы пенеплена с остаточной корой выветривания: а) почти нерасчлененный пенеплен ($\beta=0,5-1,0$ м; $\alpha=500-1000$ м; $\gamma<0^{\circ}30'$); б) слабо расчлененный пенеплен ($\beta=1-2$ м; $\alpha=400-500$ м; $\gamma=0^{\circ}30'-1^{\circ}00'$); в) расчлененный пенеплен ($\beta=2$ м; $\alpha=300-400$ м; $\gamma=1^{\circ}00'-1^{\circ}30'$).

Естественно, что использованные коэффициенты, отражающие различную степень расчленения, имеют относительное, а не абсолютное значение и характеризуют конкретную геоморфологическую обстановку. В расположении выделенных подтипов рельефа выявляется такая закономерность: нерасчлененный пенеплен и слабо расчлененный пенеплен располагаются на водораздельных пространствах, а расчлененный пенеплен тяготеет к верховьям притоков р. Кумак.

Нерасчлененный пенеплен развит на водораздельных пространствах рек Кайракты, Жарлы, Орь и Акжар, а также к северу от пос. Прииск-Кумак. Приуроченность почти нерасчлененного пенеплена к водораздельным пространствам объясняется тем, что эрозионные процессы протекают здесь настолько слабо, что не получают морфологического выражения. Это в свою очередь связано с тем, что нерасчлененный пенеплен находится в зоне «отсутствия эрозии» (Хортон, 1948) или в зоне «невыявляющейся эрозии».

Общий вид рельефа этого подтипа представляет почти идеальную равнину, слабо наклоненную к югу и востоку. Поверхность пенеплена сплошь покрыта древней корой выветривания различной мощности, которая в свою очередь местами перекрыта (на севере и северо-востоке от пос. Прииск-Кумак) маломощными (0,4—0,8 м) делювиальными суглинками. Исключение составляет участок к западу от верховьев р. Ак-

жар, где в пределах Можаровского гранитного массива встречаются цепочки холмов с выпукло-вогнутыми склонами и с «железными шляпами» на вершинах. На северо-востоке района слабую волнистость рельефа создают меридионально вытянутые гряды, приуроченные к выходам устойчивых против выветривания кварцитов. Понижения между грядами часто затачены.

На аэрофотоснимках этот подтип рельефа выделить почти невозможно, так как общий тон снимка — грязно-серый, без каких-либо конкретных признаков дешифрирования.

Слабо расчлененный пенеплен занимает водораздельное пространство между р. Акжар и верховьями р. Кумак, не образуя единой поверхности, так как она разделена притоками р. Кумак и участками озерно-аллювиальной и озерно-делювиальных равнин. В отличие от нерасчлененного пенеплена рельеф данного подтипа менее однообразен. Характерным является наличие большого количества невысоких (до 3—4 м) останцов, нередко образующих гряды меридионального направления. Они имеют уплощенные вершины, прямые или вогнутые склоны с резко очерченной подошвой. Как правило, вершины останцов покрыты тонким плащом мелких (до 2 см в поперечнике) ожелезненных конкреций, количество которых вниз по склону постепенно уменьшается. На аэрофотоснимках для слабо расчлененного пенеплена характерен серый фон с отдельными более светлыми вкраплениями, отражающими останцовый рельеф.

Расчлененный пенеплен выделяется на юге и юго-востоке Орь-Кумакского водораздела. Он фиксирован остаточной корой выветривания и занимает небольшую площадь, располагаясь между участками озерно-аллювиальной равнин. Рельеф данного подтипа характеризуется более сильным эрозионным расчленением по сравнению с предыдущими подтипами. Изолированные останцы встречаются реже, зато появляются гряды, ориентированные в меридиональном направлении, сложенные устойчивыми породами и протягивающиеся на расстояние до 2—3 км. Если у нерасчлененного пенеплена грядовый рельеф только намечается, а у слабо расчлененного выражен плохо, то для расчлененного пенеплена эти гряды являются характерной чертой ландшафта. Благодаря этому расчлененный пенеплен хорошо дешифрируется на аэрофотоснимках по перисто-полосчатому рисунку.

Одной из примечательных черт микрорельефа, вообще характерного для пенеплена, фиксированного остаточной корой выветривания, является почти повсеместное развитие бугров вспучивания. Все эти образования имеют примерно одинаковые размеры: высота не превышает 0,7 м, а длина и ширина составляют 0,7 и 1,5 м. Обычно вершина бугров несколько вдавлена.

Е. В. Рухина (1939), специально занимавшаяся этим вопросом, исследуя Орь-Илецкий водораздел, связывает возникновение бугристого рельефа с полуаридным климатом, при котором максимальное количество осадков выпадает весной и осенью, что приводит к сильному разбуханию глинистых отложений. Высокие температуры и почти полное отсутствие осадков в летний период приводят к усыханию глин и образованию сети трещин, по которым при последующем переувлажнении происходит выдавливание (выпучивание) глинистого материала с образованием бугров. Объяснение, предложенное Е. В. Рухиной, вполне подходит и для Орь-Кумакского водораздела.

Кроме бугров вспучивания поверхность пенеплена разнообразится отдельными останцами, подразделяющимися на два типа. Первый тип — монадноки, или инзельберги, сложенные устойчивыми к разрушению породами, обычно коренными, а второй тип — останцы эрозионные, состоя-

щие из тех же пород, которые слагают и окружающее пространство. На геоморфологической карте эти два типа останцов показаны различными условными знаками.

Описанный тип пенеплена представляет характерный пример фиксированного рельефа, понятие о котором впервые было дано К. К. Марковым (1948). В качестве примера К. К. Марков привел рельеф, фиксированный под корой выветривания. Конечно, после образования пенеплена, фиксированного корой выветривания, какие-то изменения были, но они ограничились только переработкой верхних горизонтов коры выветривания, сам же пенеплен преобразован не был, иначе в первую очередь была бы смыта кора выветривания.

Верхний предел возраста рельефа рассматриваемого типа — досреднеюрский. Нижний же предел устанавливается моментом появления условий, благоприятных для начала пенепленизации. Это, как мы говорили в гл. I, имело место в позднем триасе.

2. Пенеплен с переотложенной корой выветривания занимает небольшие участки к востоку от г. Бис-Тюбе и к югу от Иссиргужинского мелкосопочника. В основу выделения этого типа рельефа положен палеогеографический признак — наличие переотложенной коры выветривания верхнеплиоценового возраста. По морфологии и генезису он не отличается от пенеплена, фиксированного остаточной корой выветривания, характеризующийся такой же выровненностью рельефа, как и нерасчлененный пенеплен. Возраст его устанавливается временем переотложения коры выветривания, т. е. верхним плиоценом.

3. Пенеплен со смытой корой выветривания (откопанный пенеплен) характеризуется почти полным отсутствием коры выветривания и рыхлых отложений и приурочен главным образом к выходам верхнепалеозойских гранитов и нижнекаменноугольных известняков. Он прослеживается вдоль меридионального колена р. Кумак (устье р. Акжар), к западу от г. Бис-Тюбе, а также на юго-востоке водораздела. В результате откопывания пенеплена из-под плаща рыхлых отложений литологические различия пород получили резкое выражение в рельефе. Так, пенеплен на гранитах преимущественно ровный, часто с совершенно обнаженными скальными участками. Поверхность известняков, наоборот, изрезана мелкими ложками, имеющими характерный дендритовый рисунок расчленения, хорошо заметный на аэрофотоснимках. Для откопанного пенеплена, развитого на известняках, также характерно развитие карстовых воронок, местами соединяющихся в продолговатые карстовые ложбины, которые хорошо дешифрируются.

Образование откопанного пенеплена связано с общим поднятием Орь-Кумакского водораздела в конце плиоцена — начале четвертичного периода. Там, где чехол рыхлых отложений имел небольшую мощность, он был смыт, благодаря чему палеозойское основание было выведено на дневную поверхность. Подтверждением связи формирования откопанного пенеплена с новейшими тектоническими движениями является также и то, что он встречается только в восточной зоне, которая в новейший этап обладала большей активностью по сравнению с западной зоной.

4. Мелкосопочник образовался в результате эрозионного расчленения пенеплена в связи с начавшимися новейшими движениями в позднем олигоцене. Наибольшую интенсивность новейшие движения имели в конце плиоцена — начале четвертичного периода. Именно в этот отрезок времени и были сформированы основные черты рельефа мелкосопочника.

Как известно, существуют две точки зрения на происхождение мелкосопочника. Одни исследователи (Доскач, 1962, и др.) полагают, что

мелкосопочник образуется при нисходящем развитии рельефа и является одной из конечных стадий разрушения горной страны на пути к пепелену, другие авторы (Быков, 1933; Сваричевская, 1940, 1965, и др.) считают, наоборот, что мелкосопочник возникает в процессе расчленения уже сформированного пепелена.

З. А. Сваричевская (1965) справедливо замечает, что мелкосопочник образуется как при нисходящем, так и при восходящем развитии рельефа. Но ввиду того, что мелкосопочник нисходящего развития уничтожается в процессе пепеленизации, мы не можем наблюдать его сейчас, так как все пепелены, известные в настоящее время, — древние, т. е. уже прошли стадию мелкосопочника. Поэтому остается допустить, что современный мелкосопочный рельеф возник за счет разрушения древнего денудационного рельефа.

Известны два типа мелкосопочника: водораздельный и склонов. В их развитии существует определенная последовательность. Расчленение пепелена начинается с формирования мелкосопочника склонов в зоне речных долин. В дальнейшем с усилением этого процесса (обусловленного тектоническими движениями) за счет регressiveйной эрозии начинают разрушаться все большие пространства пепелена, что приводит в результате к образованию водораздельного мелкосопочника. Мелкосопочный рельеф Орь-Кумакского водораздела по типу образования представляет мелкосопочник склонов, который мы называем просто мелкосопочником. Проведенные исследования показали, что его формирование также связано с ростом локальных новейших поднятий или новейших разрывных нарушений.

Внешний облик мелкосопочного рельефа зависит от тех пород, на которых он развивался. Слоны его то крутые, скалистые с грубым щебнистым покровом, то пологие, задернованные. Наиболее ярко мелкосопочник выражен на северо-востоке водораздела, западнее пос. Прииск-Кумак. Здесь скалистые склоны мелкосопочника, окаймляющие долины рек, вытянуты в меридиональном направлении (в соответствии с простираемием коренных пород) в виде нешироких полос. На западе они постепенно сливаются с ровной поверхностью пепелена и, наоборот, очень резко обрываются на восток, в сторону озерно-аллювиальной равнины. В ложбинах, разделяющих отдельные гряды, изредка наблюдаются рыхлые отложения и кора выветривания. Почвенный покров, обычно разобщенный, представлен маломощными фрагментарными темно-каштановыми почвами.

Слоны мелкосопочника или крутые выпуклые, или более пологие вогнутые. Уклоны не превышают 7° , при средней величине — около 5° . Глубина расчленения (до 6 м) также резко отличается от величин, характерных для пепелена и озерных равнин. Мелкосопочный рельеф хорошо дешифрируется на аэрофотоснимках, на которых отчетливо, даже без стереоскопа, видны очертания сопок, их ориентировка, характер расчленения и т. д. Особенно хорошо видно, как резко выделяется мелкосопочник на фоне спокойного рельефа пепелена при аэровизуальных наблюдениях.

Эрозионно-аккумулятивный рельеф

К этой категории относятся следующие типы рельефа: 1) озерно-делювиальная равнина, 2) озерно-аллювиальная равнина, 3) долинообразные понижения, 4) комплекс террас рек Кумак, Орь и их притоков. По внешнему облику первых два типа рельефа почти не отличаются от нерасчлененного пепелена, но необходимость выделения их становится очевидной при выяснении их генезиса.

1. Озерно-делювиальная равнина начала формироваться в среднем миоцене, когда на Орь-Кумакском водоразделе в понижениях пленеллизированного рельефа существовала сеть разрозненных и недолговечных озерных ванн с пересыхающими озерами. Наряду с озерной аккумуляцией важным фактором рельефообразования был и плоскостной смыв, который особенно интенсивно проявлялся во влажные периоды года. Оба эти процесса привели к формированию красноцветных отложений, которые и выровняли поверхность пленелла. Поверхность, образованную таким образом, мы и называем озерно-делювиальной равниной. Это название правильно отражает характер рельефообразующих процессов, хотя и является несколько необычным. Возраст озерно-делювиальной равнинны как аккумулятивного рельефа определяется возрастом самых молодых из слагающих ее отложений, т. е. как среднеплиоценовый.

Для рельефа озерно-делювиальной равнинны характерно чередование невысоких (до 5—7 м) холмов и понижений с очень плавным переходом между ними. Холмы обычно сложены плиоценовыми красноцветными глинами с конкрециями бурого железняка и гипса; иногда в их строении принимают участие и пестроцветные миоценовые глины. Спускаясь с холмов в понижения, нередко можно наблюдать исчезновение неогеновых отложений и появление древней коры выветривания, что, по-видимому, связано с последующим размывом. Но встречается и обратная картина, когда кора выветривания залегает гипсометрически выше плиоценовых глин, что заставляет предположить, что в таких местах кора выветривания вообще не открывалась рыхлыми отложениями.

Характерной чертой понижений является почти повсеместное развитие такыров (как на неогеновых глинах, так и на корах выветривания) с четко выраженной системой трещин усыхания, образующих многоугольники со стороной до 1,5 м. Озерно-делювиальная равнина развита преимущественно в восточной части Орь-Кумакского водораздела.

2. Озерно-аллювиальная равнина начала формироваться в позднем плиоцене, когда активность новейших движений усилилась, что вызывало сокращение озерного бассейна. Озерный режим сохранился при этом только в местах наибольших опусканий. Рассматривая геоморфологическую карту и схему новейшей тектоники, нетрудно убедиться, что выделенные озерно-аллювиальные равнины приурочены к депрессиям. Интересна и другая закономерность: преимущественное развитие озерно-аллювиального рельефа в западной части Орь-Кумакского водораздела. По-видимому, это объясняется тем, что Магнитогорский синклиниорий и в новейший тектонический этап развивался унаследованно, являясь областью преимущественного опускания. Заложение в это время речной сети привело к тому, что в формировании аккумулятивной равнинны принимали участие не только озерная аккумуляция, но и речная. Так, например, в зоне Орской депрессии и Нижне-Кумакской зоны опускания протекала р. Урал, в зоне Акжарской депрессии — р. Кумак (сейчас там расположена ее древняя долина).

Озерно-аллювиальная равнина представляет идеально плоскую, местами полого наклоненную поверхность, ландшафт которой иногда разнообразится отдельными останцами коренных пород. Характерной чертой микрорельефа равнинны являются западины эллипсоидальной или окружной формы глубиной до 2,5 м и диаметром от 10 до 25 м. Они очень хорошо дешифруются на аэрофотоснимках. Для озерно-аллювиальной равнинны, расположенной на северо-западе водораздела, характерны заболоченные углубления, еще в сравнительно недавнее время бывшие озерами. Эти озера отличаются незначительной глубиной при довольно большом поперечнике (до 500 м) и пологими берегами. Все они в настоя-

щее время находится в стадии усыхания, о чем свидетельствует террасированная поверхность берегов.

3. Долинообразные понижения образовались в результате усиления эрозионной деятельности, вызванной новейшими тектоническими движениями в позднем плиоцене. Они врезаны или в поверхность пепелена, или в озерно-аллювиальную равнину и обычно выполнены кварцевыми разнозернистыми песками, алевритами и глинами, залегающими или на коре выветривания, или на плиоценовых отложениях. Очень часто эти отложения фациально переходят друг в друга, причем иногда в наиболее глубоких частях понижений находится песчаная фракция, которая выше по склону постепенно переходит в глинистую. Ввиду того, что мощность отложений невелика (редко более 10 м), а врез значительно больше, то долинообразные понижения хорошо выражены в рельефе. К ним обычно приурочены долины рек второго и третьего порядка (по отношению к рекам Кумак и Орь, которые принимаются за первый порядок).

Наблюдателя поражает несоответствие между шириной понижений (3—4 км) и мощностью водотоков, протекающих в них. Эти реки имеют одну надпойменную террасу, возраст которой определяется на основании найденной фауны как верхнечетвертичный, что соответствует первой надпойменной террасе р. Кумак. Таким образом, сами понижения могли возникнуть или в раннечетвертичную, или в среднечетвертичную эпоху. Наиболее же вероятно — в начале четвертичного периода, в момент наибольшей активности эрозионных процессов.

4. Комплекс террас р. Кумак, ее притоков и частично р. Орь. Кумак — главная водная артерия Орь-Кумакского водораздела. Большая часть ее находится в пределах исследованной территории. Поэтому особенности строения ее долины представляют определенный интерес для познания истории развития рельефа Орь-Кумакского водораздела.

В верховьях долина р. Кумак узкая, и кроме поймы имеется только I надпойменная терраса; но после впадения рек Котансу и Кукпекты ширина долины увеличивается до 2 км, и появляется хорошо развитая II надпойменная терраса. От пос. Кумак река поворачивает на запад и далее течет в широтном направлении. До впадения р. Жарлы долина имеет резко асимметричный профиль: левый берег пологий, и здесь впервые появляется высокая III надпойменная терраса, а правый берег большей частью крутой скалистый, и здесь, как правило, террас не наблюдается и водораздел вплотную подходит к реке.

После слияния р. Жарлы и р. Кумак характер долины меняется: она становится симметричной. Расширяется русло реки, на пойме появляются песчаные косы со следами эоловой деятельности. Террасы хорошо выражены на обоих берегах. Далее, после впадения р. Карабутак, долина р. Кумак прорезает мелкосопочник, сложенный девонскими эфузиями. Здесь исчезает III надпойменная терраса, а более низкие террасы плохо выражены, так как долина становится уже.

Большой интерес представляет долина р. Кумак при пересечении Иссиргужинского мелкосопочника. В этом месте склоны долины очень крутые скалистые, а профиль — типичный V-образный; изредка узкой полосой прослеживается только I надпойменная терраса. Этот участок представляет сквозную долину, образовавшуюся за счет регressiveной эрозии в среднечетвертичное время, когда р. Кумак, имевшая до этого сток на юг по древней долине (совпадающей сейчас с долиной р. Акжар), была перехвачена притоком р. Урала. Этим и объясняется исчезновение третьей надпойменной террасы, которая вниз по течению уже нигде больше не встречается. Западнее Иссиргужинского мелкосопочника р. Кумак свободно меандрирует по поверхности озерно-аллювиальной

равнинны, не принимая крупных притоков; склоны ее долины становятся пологими, а I и II надпойменные террасы приобретают значительную ширину.

Из описания долины р. Кумак видно, что характерной чертой ее морфологии является асимметричность, выражаясь в различии крутизны ее склонов. Эта особенность проявляется в строении большинства долин восточного склона Южного Урала, что отмечали К. В. Никифорова (1948), И. В. Ленных (1959) и другие исследователи.

Асимметрия проявляется не повсеместно и наиболее четко выражена в широтном течении р. Кумак, где северный, т. е. обращенный к югу, склон обычно крутой. Расположение на пологом берегу II и III надпойменных террас наводит на мысль о связи асимметрии с формированием этих террас. В этом отношении интересен участок долины от З-й фермы Кумакского совхоза до г. Бис-Тюбе, на протяжении которого аллювий II надпойменной террасы на левом берегу оказывается погребенным под аллювием I надпойменной террасы. Иногда асимметрия склонов связана с новейшими поднятиями; в таких случаях река не прорезает их, а огибает, в силу чего один склон становится крутым, а другой пологим.

Самой древней террасой Орь-Кумакского водораздела является III надпойменная терраса р. Кумак, возраст которой определяется как нижнеплейстоценовый. Прослеживается эта терраса по левому берегу примерно от широты пос. Кумак до устья р. Акжар. Ширина террасы изменяется от 0,5 до 2,5 км, а высота выдерживается в пределах 22—25 м; поверхность ее ровная, слегка наклоненная в сторону реки, иногда расчленяется логами, врез которых доходит до 3 м. По своему строению III терраса является аккумулятивной и сложена песчано-гравийным материалом с прослойками алевритов и глин.

II надпойменная терраса среднеплейстоценового возраста непрерывно прослеживается по правому берегу р. Кумак, отдельными участками — по левому берегу, а также по обоим берегам р. Орь. Строение этой террасы в долине рек Кумак и Орь различное: по р. Кумак II надпойменная терраса или эрозионно-аккумулятивная (цокольная), или аккумулятивная, а по р. Орь (в пределах исследованной территории) — аккумулятивная. Это различие можно объяснить тем, что р. Орь протекает в прогибе, который с момента его заложения был областью аккумуляции, в то время как р. Кумак пересекает различные по характеру новейшие структурные формы. Площадка террасы довольно ровная, местами с небольшими западинами-болотцами; ширина ее изменяется от 300 до 5500 м (на правобережье р. Орь). Высота также не остается постоянной и вниз по течению увеличивается с 9 до 13 м (для р. Кумак).

В нескольких местах скважинами был вскрыт погребенный аллювий II надпойменной террасы под аллювием I надпойменной террасы, что говорит о глубоком врезании р. Кумак в среднеплейстоценовое время. Эта черта, характерная для многих рек восточного склона Южного Урала (Никифорова, 1948, и др.), позволяет предположить существование в среднеплейстоценовую эпоху общей причины, которая вызвала интенсивное врезание речных долин.

I надпойменная терраса почти непрерывной полосой тянется по обоим берегам р. Кумак, а также р. Орь и некоторых ее притоков. В большинстве случаев она аккумулятивная, редко цокольная. Высота ее вниз по течению постепенно увеличивается от 4 до 8 м; ширина террасы более или менее выражена и только в низовьях достигает значительной величины — 5 км. Характерным является присутствие, особенно в среднем и нижнем течении, большого количества стариц и старичных озер, которые нередко вытянуты цепочкой вдоль тылового шва.

Кроме рек Кумак и Орь на Орь-Кумакском водоразделе имеется много рек более мелкого порядка, к которым относятся Котансу, Кукпекты, Кайракты, Акжар и др. Их долины обычно явились формами с пологими склонами, покрытыми делювиальными отложениями. Все они имеют одну надпойменную террасу верхнечетвертичного возраста. В верховьях долины этих рек постепенно расширяются, выполаживаются и незаметно сливаются с водоразделом.

Важной чертой рельефа Орь-Кумакского водораздела, позволяющей уяснить историю его развития, являются древние долины. Самая большая долина меридионально вытянута вдоль р. Акжар. Две другие расположены на юге района: одна из них (в верховьях р. Каменки) также имеет меридиональное направление, а другая (вдоль р. Кукпекты) ориентирована в широтном направлении. Все они хорошо выражены в рельефе. Древняя долина вдоль р. Акжар приурочена к Акжарскому тектоническому прогибу. Благодаряенным бурения, а также геофизическому материалу удается четко отбить ее контуры. Морфологически она прекрасно выражена, особенно вблизи впадения р. Акжар в р. Кумак, где с запада расположен Иссиргужинский мелкосопочник, а с востока — пенеплен, фиксированный корой выветривания. Эта древняя долина является долиной р. Пра-Кумак, которая в позднеплиоценовую — раннечетвертичную эпоху имела сток на юг и впадала в озерный бассейн, находившийся в Орской депрессии, куда впадала также и р. Урал. Южнее совх. Акжарского древняя долина выражена в рельефе хуже и постепенно сливается с озерно-аллювиальной равниной.

Древняя долина в верховьях р. Каменки также использует тектонический прогиб (Жарлинская зона опускания), с которым на севере связано меридиональное колено р. Кумак, а на юге — верховья р. Каменки. Западный склон ее довольно крутой, а восточный — пологий. Долина представляет слегка волнистую поверхность с редкими останцами, сложенную разнозернистыми песками с мелкой галькой и гравием. Судя по общему наклону дна древней долины, эта долина использовалась, по-видимому, потоком, имевшим сток на юг. Условно возраст долины определяется как верхнеплиоцен-нижнечетвертичный.

И, наконец, третья древняя долина расположена вдоль р. Кукпекты. Она сложена аллювиальными отложениями, представленными грубозернистыми песками с чередующимися гравийно-галечными прослоями. Косая слоистость, сортированность, окатанность материала позволяют уверенно отнести эти отложения к речным. Замеры косой слоистости и наклона галек свидетельствуют о западном направлении течения древней реки. В морфологическом отношении древняя долина представляет исключительно выровненную поверхность. Отложения, выполняющие долину, условно отнесены к миоцену, что и определяет ее возраст.

НОВЕЙШИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

Под новейшими тектоническими движениями понимаются движения, создавшие основные формы современного рельефа (Шульц, 1937, и др.). Отличительной чертой новейших движений является выраженность в современном рельефе новейших структурных форм, что позволяет к методам тектонического анализа, используемым при изучении древних движений, добавить новый важный метод — геоморфологический анализ. При изучении новейших тектонических движений на Орь-Кумакском водоразделе геоморфологический анализ был особенно полезен, так как история развития рельефа тесно связана здесь с историей формирования коры выветривания и кайнозойских отложений, что было показано выше.

Время проявления новейших тектонических движений

Сравнение с соседними районами Урала позволяет утверждать, что в позднем олигоцене на Орь-Кумакском водоразделе тектонические движения еще не получили достаточного отражения в рельефе. Тектонический режим миоценовой и плиоценовой эпох также был довольно спокойный: происходило формирование маломощных толщ пестроцветных и красноцветных глин, причем в распределении их мощностей не наблюдается какой-либо закономерности, что позволяет судить об отсутствии в течение этого времени какой-либо структурной дифференциации. Лишь в Орской депрессии наблюдается увеличение мощностей миоценовых и плиоценовых отложений, что говорит о непрерывном унаследованном развитии этой депрессии.

В конце плиоцена — начале четвертичного периода тектоническая обстановка меняется. В это время Южный Урал испытывает весьма резкое поднятие, которое отразилось и на Орь-Кумакском водоразделе. В формирующихся зонах прогибания устанавливается озерный режим, за-кладывается речная сеть, и активные эрозионные процессы приводят к размыву коры выветривания и рыхлых отложений, образованию мелкосопочника и откопанного пленелена. Вследствие большей интенсивности тектонических процессов, начавшихся в позднем плиоцене, формируются зоны новейших прогибов и поднятий и начинается расчленение пенепленизированного рельефа Орь-Кумакского водораздела.

Таким образом, тектонические движения, создавшие современный рельеф, имеют позднеплиоценовый возраст, т. е. новейшая тектоника собственно Орь-Кумакского водораздела может датироваться как верхне-плиоцен-четвертичная. Если же рассматривать Орь-Кумакский водораздел как область сноса с прилегавшими к нему областями аккумуляции, то в целом исследованный район обособился как выраженное в рельефе поднятие сразу вслед за отступанием палеоценового моря. Однако это поднятие было столь незначительным, что правильнее считать за начало новейших движений лишь момент их усиления в позднеплиоценовое время.

Дальнейшее развитие в четвертичном периоде существенных изменений не принесло. Некоторое усиление активности тектонических движений отмечается в среднечетвертичную эпоху. Об этом свидетельствует следующее: во-первых, продолжался рост Иссиргужинского поднятия, благодаря чему приток р. Урала прорезал Иссиргужинский мелкосопочник и перехватил р. Кумак; во-вторых, происходило отложение в Джарлинской депрессии мощной толщи (до 30 м) погребенного аллювия II надпойменной (среднечетвертичной) террасы р. Кумак. Последнее подтверждает продолжающееся опускание этой зоны.

Таким образом, общая направленность движений различных структурных зон, наметившаяся в позднем плиоцене, сохраняется и в дальнейшем.

Амплитуда новейших движений и новейшие структурные формы

Обычно в районах, где перед началом новейших движений существовал морской бассейн, за начало системы отсчета принимается уровень этого бассейна. Труднее установить систему отсчета в областях длительного континентального развития. В таком случае приходится прибегнуть к помощи палеогеографического анализа, что позволяет восстановить условия, предшествовавшие новейшему этапу.

Пенепленизированный рельеф, сформировавшийся на Орь-Кумакском водоразделе к средней юре, в последующее время изменился очень

слабо. Мы знаем, что во время позднемеловой и палеоценовой трансгрессии водораздел оставался сушей, с запада и востока ограниченной мелководным морем. После регрессии, в начале эоцена, существенных изменений не происходит, и в эоценовую эпоху образуются лишь пески и песчаники незначительной мощности. Принимая во внимание близость морского бассейна, относительно которого развивался пенеплен в позднемеловое, палеоценовое и частично эоценовое время, можно предположить, что высоты его относительно уровня морского бассейна не превышали 50—100 м. Учитывая, что после регрессии существенных изменений в рельфе не произошло, эту величину можно принять за исходную цифру системы отсчета — поверхности доолигоценового пенеплена, которая и была использована при построении карты новейшей тектоники Орь-Кумакского водораздела.

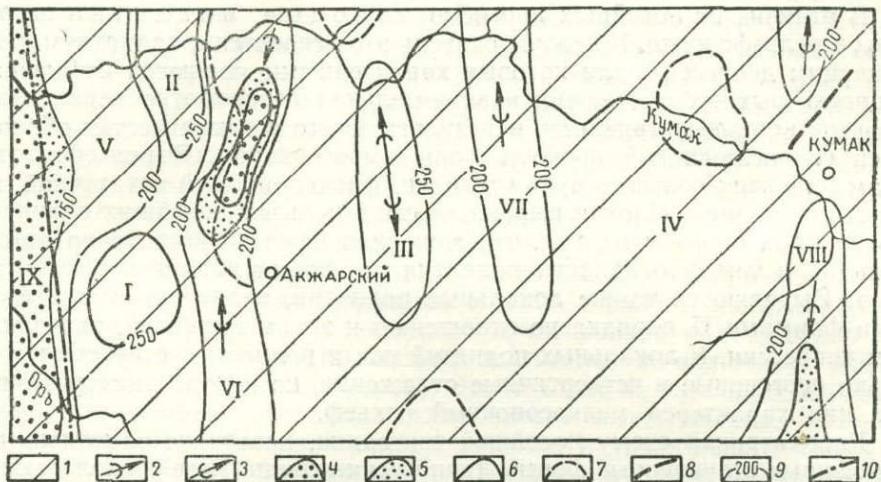


Рис. 5. Схема новейшей тектоники.

I—Ашебутакское поднятие; II—Иссиргужинское поднятие; III—Тюлькубайское поднятие; IV—Жарлы—Кумакское поднятие; V—Нижне-Кумакская зона опускания; VI—Акжарская депрессия; VII—Джарлинская депрессия; VIII—Кумакская депрессия; IX—Орская депрессия. 1—область слабо дифференцированного новейшего поднятия с амплитудой до 250 м; 2—оси новейших поднятий и направление погружения их шарниров; 3—оси новейших прогибов и направление погружения их шарниров; 4—районы с мощностями неоген-четвертичных отложений более 50 м; 5—районы с мощностями неоген-четвертичных отложений от 25 до 50 м; 6—районы с мощностями неоген-четвертичных отложений менее 25 м; 7—участки локальных новейших поднятий (предполагаемые); 8—новейшие разрывы (предполагаемые); 9—изолинии суммарных поднятий за неоген-четвертичное время; 10—восточная граница Орской депрессии.

Следует заметить, что при составлении карты новейшей тектоники Казахстана З. А. Сваричевская (1960) получила также сходные цифры для доолигоценового пенеплена — 50—150 м. Амплитуда новейших движений Орь-Кумакского водораздела измеряется цифрами от 150 до 250—300 м, что несколько расходится с величинами, показанными на карте новейшей тектоники СССР, составленной под редакцией Н. И. Николаева и С. С. Шульца (1960), где амплитуда движений оценивается в 300—400 м. Изолинии новейших движений отражают общее слабо дифференцированное поднятие территории, на фоне которого, используя геоморфологический материал, данные по распределению мощности рыхлых отложений, удается выделить ряд зон новейших прогибов и поднятий (рис. 5).

Среди новейших прогибов можно выделить прогибы, компенсированные осадконакоплением и некомпенсированные. Особый интерес в этой связи представляет Орская депрессия, которая испытывала почти непрерывное опускание в течение всего мезозойского и кайнозойского

времени. Мощность кайнозойских отложений здесь значительно превышает мощность этих пород в других депрессиях Орь-Кумакского водораздела, что, по-видимому, связано с тем, что Орская впадина аккумулировала материал, поступающий с формирующейся области горообразования Южного Урала на западе и с Орь-Кумакского водораздела на востоке.

Характерно, что градиенты новейших движений в районе Орской депрессии выше, чем в остальной части территории, что говорит о ее несколько большей активности в новейший тектонический этап. Все остальные депрессии Орь-Кумакского водораздела (о них мы говорили, описывая выше древние долины) заложились в плиоценовую эпоху, и в них не встречаются отложения более древние, чем плиоценовые. Все данные, приведенные там, подтверждают, что процесс прогибания активно происходит и сейчас.

В отличие от новейших прогибов молодые поднятия выражены в рельефе хуже. В первую очередь это относится к поднятиям, разделяющим депрессии, для которых характерными являются небольшая мощность рыхлых отложений и значительная переработка верхних горизонтов коры выветривания, в результате чего в таких местах образовался гидрослюдистый профиль коры выветривания. В рельефе этим зонам поднятия соответствует пеноплан, фиксированный остаточной корой выветривания. Плохая выраженность в рельефе новейших поднятий объясняется, кроме того, тем, что движения не были достаточно интенсивными, и тем, что области поднятия все время являлись областями сноса. Выделяются также локальные поднятия, являющиеся структурными формами II порядка по отношению к зонам поднятий, разделяющим депрессии. У локальных поднятий почти полностью отсутствуют не только неогеновые и четвертичные отложения, но и кора выветривания. Для них характерен мелкосопочный рельеф.

Рассматривая схему новейшей тектоники, нельзя не заметить, что выделенные структурные формы (депрессии и поднятия) располагаются строго меридионально. Если сопоставить схему новейшей тектоники и схему древней тектоники, то мы увидим, что зонам палеозойских антиклиналей соответствуют новейшие поднятия, а зонам палеозойских синклиналей — новейшие прогибы. Таким образом, мы приходим к выводу об унаследованном развитии новейших структурных форм.

В проблеме тектонической унаследованности, как известно, различают три стороны: 1) унаследованность тектонического плана, 2) унаследованность тектонических форм и 3) унаследованность тектонических движений (Пейве, 1956).

На примере Орь-Кумакского водораздела отмеченные три стороны унаследованности проявляются весьма отчетливо. Унаследованность тектонического плана проявляется в постоянстве простираций древних и молодых структурных форм, а унаследованность тектонических форм оказывается в том, что древние антиклинали в новейший тектонический этап сохраняют тенденцию к поднятию, а древние синклинали — к опусканию. Что касается третьей стороны — унаследованности тектонических движений, то, как пишет А. В. Пейве, она «тесно связана с унаследованностью развивающихся и усложняющихся тектонических форм» (Пейве, 1956).

Амплитуда новейших движений и их градиенты, хорошая сохранность коры выветривания, особенности рельефообразующих процессов, из которых наиболее важным является преобладание плоскостного смыва над линейным, не дают возможности отнести Орь-Кумакский водораздел к области слабого горообразования (Грачев, 1962б). Новейший тектонический режим исследованной территории следует рассматривать

как режим материковой платформы, который установился здесь еще в раннем мезозое. Поэтому нам кажется, что восточную границу Южного Урала как области слабого горообразования, показанную на карте новейшей тектоники СССР, следует сместить на запад и проводить ее по восточной границе Орской депрессии, развитие которой в новейший этап отличается от других депрессий Орь-Кумакского водораздела и несет в себе черты уже орогенического режима.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ РЕЛЬЕФА И НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ

На основе структурно-фациального анализа мезозойских и кайнозойских отложений, данных палеонтологии и палеоботаники мы постараемся восстановить отдельные этапы развития рельефа Орь-Кумакского водораздела, используя при этом сравнительный метод — сопоставление с историей развития соседних областей. Анализ истории развития рельефа и связанных с рельефом коррелятных отложений дает возможность выделить следующие этапы рельефообразования: досреднеюрский, среднеюрский — нижнемеловой, верхнемеловой — среднеолигоценовый, верхнеолигоценовый — нижнемиоценовый, среднемиоценовый — среднеплиоценовый, верхнеплиоценовый — нижнечетвертичный и среднечетвертичный — современный (рис. 6).

В досреднеурский этап Орь-Кумакский водораздел и прилегающая к нему с запада территория Южного Урала представляли единую пенепленизированную поверхность, фиксированную остаточной корой выветривания, мощность которой достигала, по-видимому, значительной величины (десятки метров). Это наводит на мысль об исключительно интенсивных процессах химического выветривания, которые могли протекать в условиях субтропического и тропического климата, характеризующегося переменным увлажнением и длительными засушливыми периодами. Влажность климата постепенно увеличивается к концу раннеурской эпохи, что совпадает с началом карстообразования. Аналогичные физико-географические условия существовали в это время в Центральном Казахстане (Кассин, 1947).

Среднеурский — нижнемеловой этап рельефообразования ознаменовался возобновлением тектонической активности в конце раннеурской эпохи, что привело к значительному прогибанию Орской депрессии, которую мы охарактеризовали выше как конседиментационный тектонический прогиб. Литологические исследования, проведенные З. А. Малютиной (1956), позволяют говорить о том, что Орский бассейн представлял в это время озерно-болотную область с интенсивно протекавшими процессами углеобразования (Орский буроугольный бассейн). Минералогический анализ терригенных компонентов и направление какой слоистости показывают, что основная питающая провинция располагалась к западу от бассейна. Орь-Кумакский водораздел также в это время являлся областью сноса.

Ископаемая юрская флора характеризует зону теплых, достаточно влажных субтропиков. Состав флоры, годичные кольца нарастания на остатках древесины и корки пустынного загара свидетельствуют о том, что при общей увлажненности существовала периодическая смена сухих и влажных времен года (Безруков, Яншин, 1934).

Рельеф области сноса в зоне южного окончания Урал-Тау был более расчленен по сравнению с Орь-Кумакским водоразделом, где сохранился пенепленизованный рельеф с корой выветривания.

В течение позднеурской и раннемеловой эпох исследованная территория также представляла область сноса. Осадки данного возраста в

Орское Зауралье по
А. Д. Наумову, 1960

Орь-Кумакский водораз-
дел по А. Ф. Грачеву,
1963

Тургайский прогиб по
Е. П. Бойцовой и др.,
1955

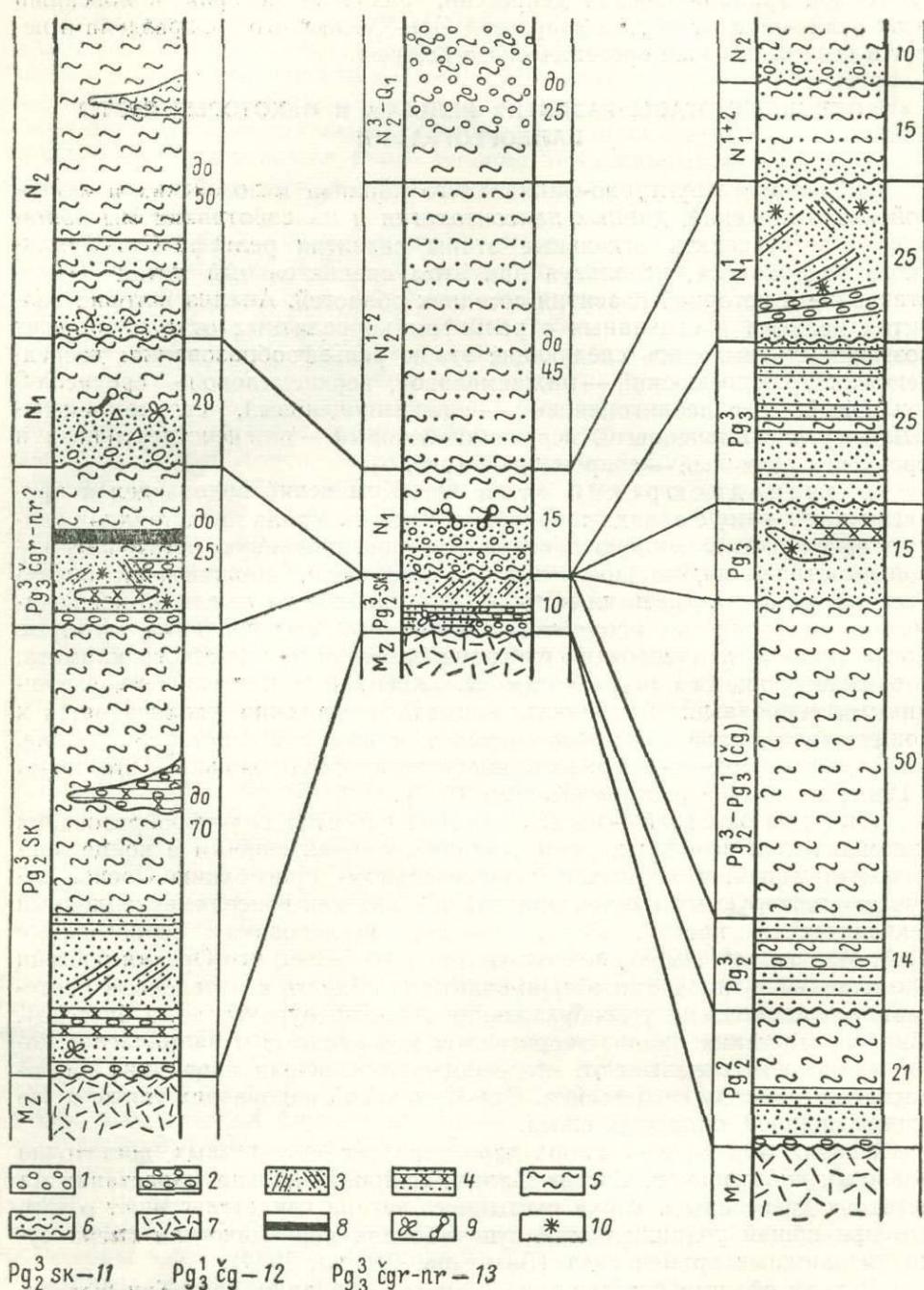


Рис. 6. Схема сопоставления разрезов третичных отложений.

1 — галечник; 2 — конгломерат; 3 — песок с косой слоистостью; 4 — песчаник кварцитовидный и глауконитовый; 5 — глины зеленого и красно-бурового цвета; 6 — глины с железисто-марганцовистыми конкрециями; 7 — кора выветривания; 8 — прослой лигнитов; 9 — остатки флоры и фауны; 10 — конкреция гипса; 11 — сактаульская свита; 12 — чеганская свита; 13 — чаграйская и наурзумская свиты.

этой части Южного Урала отсутствуют. К востоку от Орь-Кумакского водораздела, в Западно-Сибирской низменности, начиная с позднеюрского времени существует морской бассейн. Состав отложений (преимущественно глинистые осадки) свидетельствует о том, что из области сноса поступал в основном тонкозернистый материал.

Состав флоры (по данным палинологических исследований И. М. Покровской) позволяет говорить об умеренно-влажном, сравнительно теплом климате. Корообразование если и происходило, то весьма слабо. Образовавшиеся ранее карстовые воронки заполняются обломочным материалом. По-видимому, существенных изменений физико-географических условий не происходит.

Верхнемеловой — среднеолигоценовый этап рельефообразования Орь-Кумакского водораздела и прилегающей части Орского Урала связан с позднемеловой трансгрессией, начавшейся в кампанский век. В результате трансгрессии вся юго-западная часть Южного Урала была затоплена морем. Морской бассейн существовал и к востоку от Орь-Кумакского водораздела, граница которого проходила по верховьям р. Тобола.

На большей части Орь-Кумакского водораздела сохраняются континентальные условия. По данным И. И. Гинзбурга (1947), В. А. Гуцаки (1963) и др. можно сделать вывод, что процесс корообразования был приостановлен, так как грунтовые воды в связи с опусканием территории начинают подниматься, и сформировавшаяся кора выветривания выходит из сферы действия агентов выветривания.

В конце позднемеловой эпохи часть территории была выведена из-под уровня моря, ибо в ряде случаев отложения морского палеоценена без углового несогласия, но с перерывом ложатся на породы верхнего мела.

В течение палеоценовой и первой эоценовой эпох морской режим сохраняется, и границы морских бассейнов как на левобережье р. Орь, так и в верховьях р. Тобола остаются прежними. Однако характер осадконакопления в палеоценовом море отличается от позднемелового. Главное отличие палеоценовых отложений от верхнемеловых состоит в обилии в них коллоидальных образований, давших начало образованию опала и глауконита, при отсутствии в палеоценовых осадках карбоната кальция. В области сноса на Орь-Кумакском водоразделе в это время ввиду умеренного климата образование коры выветривания не происходило. Несмотря на то, что мощности верхнемеловых, палеоценовых и эоценовых отложений невелики, намечается некоторое увеличение суммарных мощностей в Орской депрессии — области унаследованного прогибания в течение всего мезозойского и кайнозойского времени.

В позднем эоцене происходит регрессия моря, и на Орь-Кумакском водоразделе, как и в прилегающих областях, начинается эпоха аридного режима. Характер рельефа, по-видимому, не изменился.

В последующее время (ранний и средний олигоцен) существенных изменений в облике рельефа установить не удается.

Верхнеолигоценовый — нижнемиоценовый этап рельефообразования связан с началом новейших движений на Урале, которые привели к деформации пенеплена и образованию мелкосопочника в зоне южного окончания Урал-Тая. На Орь-Кумакском водоразделе тектонические движения этого этапа не получили достаточно четкого выражения в рельефе.

Среднемиоценовый — среднеплиоценовый этап рельефообразования характеризуется формированием красноцветных отложений. Осадконакопление происходило в условиях обширного озер-

ного бассейна, который наиболее четко выделяется в пределах Орской депрессии. На исследованной территории не существовало единого озера, а была, по-видимому, целая сеть временных разрозненных озерных котловин небольшой глубины. Эрозионные процессы в это время проявляются чрезвычайно слабо, зато плоскостной смыв играет большую роль.

Наличие гипса, конкреций, большая карбонатность осадков говорят о сухом теплом климате. Характер растительности — присутствие травянистых растений и преобладание их над древесными — рисует ландшафт сухих степей. Во влажные периоды года, когда выпадало значительное количество осадков, происходил разлив озер, площадь водной поверхности увеличивалась. В засушливый сезон временные озера пересыхали и образовавшиеся отложения подвергались процессам окисления.

Следующий, верхнеплиоценовый — нижнечетвертичный этап начинается с сокращения озерного бассейна Орской депрессии. С данным этапом связаны наиболее активные тектонические движения, которые привели к деформации пенеплена Орь-Кумакского водораздела и заложению ряда депрессий и поднятий. Мы уже говорили, что этот этап мы считаем началом развития новейших движений. К этому времени относится образование древней долины р. Кумак и ее III надпойменной террасы.

Среднечетвертичный — современный этап рельефообразования начинается с поднятий в конце раннего плейстоцена, которые привели к исчезновению озерного бассейна, формированию II надпойменной террасы и перестройке речной сети. Озерный бассейн, существовавший в раннечетвертичную эпоху в Орской и Акжарской депрессиях, куда впадали реки Урал и Кумак, в связи с тектоническими движениями этого этапа начал сокращаться. Усиление регressiveвой эрозии привело к тому, что орское озеро было спущено широтным участком долины р. Урала, который до этого времени развивался независимо от меридионального, будучи разделенным водоразделом в районе Губерлинских гор. По-видимому, перестройка р. Урала произошла в среднечетвертичное время, ибо II надпойменная терраса Урала прослеживается на всем протяжении долины как в меридиональном, так и в широтном участках.

Одновременно с перестройкой р. Урала изменила свое течение и р. Кумак, протекавшая до этого по Акжарской депрессии. Приток р. Урала прорезал Иссиргужинское поднятие, перехватил р. Кумак, благодаря чему II надпойменную террасу сейчас можно наблюдать на всем протяжении долины р. Кумак. Таким образом, рельеф Орь-Кумакского водораздела был окончательно сформирован в среднечетвертичный — современный этап.

В заключение отметим, что выделенные нами этапы рельефообразования близки к этапам, установленным для смежных территорий: Тургайского прогиба и Северного Казахстана (Сваричевская, 1965), что связано с общим ходом послепалеозойской геологической истории Урало-Тяньшанской эпигерцинской платформы.

ГЛАВА III

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ КЛИМАТА

Климатические особенности района исследования обусловлены его географическим положением и спецификой местных природных условий, корректирующих зональное проявление синоптических процессов.

ОСНОВНЫЕ КЛИМАТООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ И ИХ ГОДОВОЙ ХОД

Внутриматериковое положение района в умеренных широтах (51—52° с. ш.), небольшая величина покрытия неба общей и нижней облачностью определяют высокие значения числа часов солнечного сияния и притока солнечной радиации (105 ккал/см² в год), максимум которых приходится на лето, а минимум — на зиму (табл. 1)¹. Годовая величина альbedo — 30—32%, или 31—33 ккал/см² (от суммарной радиации). Зимой альbedo равно 70%, летом оно изменяется: 18, 20 и 25% — соответственно для лугов и лесных колков, степных группировок и, наконец, сухостепных участков, где встречаются фрагменты полупустынной растительности.

Таблица 1
Годовой ход суммарной радиации и радиационный баланс, ккал/см²

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Суммарная радиация	2	4	8	11	15	16	16	13	9	6	3	2	105
Радиационный баланс	-1,5	-1	0	3	6	7	7	5	2,5	1,5	-0,5	-1,5	27,5

Величина поглощенной радиации за год — 70 ккал/см² (зимний минимум ее — 22 ккал/см², а летний максимум — 33 ккал/см²). Эффективное излучение, по подсчетам А. А. Борисова (1952), для Оренбурга равно 40 ккал/см². Величина радиационного баланса за год составляет около 28 ккал/см² и имеет своеобразный годовой ход с отрицательными величинами зимой и резким максимумом летом (табл. 1). Годовая сумма тепла, расходуемого на испарение, равна 15—17 ккал/см², или 53—60%.

¹ Таблица 1 основана на данных Т. Г. Берлянд и Н. А. Ефимовой. (Месячные карты суммарной солнечной радиации и радиационного баланса территории СССР. Тр. ГГО, вып. 50, 1955.)

Таким образом, для Юго-Восточного Зауралья характерны:

1) значительные величины радиационного баланса и большие показатели положительных его величин. Скачок лучистой энергии в весенне время приводит к быстрому нарастанию весенне-летних температур воздуха. Резкое падение баланса наблюдается от августа к сентябрю;

2) незначительная облачность, обуславливающая решающую роль прямой радиации в радиационном балансе;

3) ночные и особенно зимние увеличения эффективного излучения, неизбежно приводящие к большим суточным колебаниям температур, выхолаживанию и в конечном итоге к заморозкам.

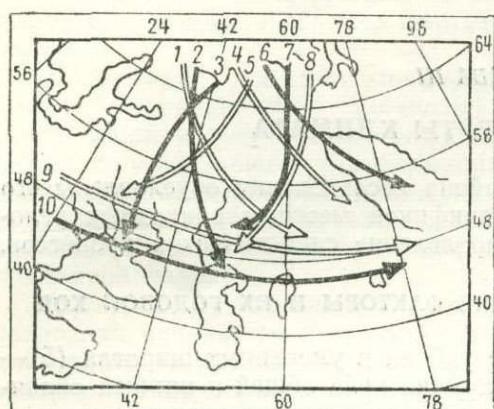


Рис. 7. Схема средних путей арктических антициклонов по Б. П. Мультановскому.

1 — нордкапская летняя; 2 — нордкапская зимняя;
3 — азовская зимняя; 4 — канинская летняя; 5 — ив-
воземельская летняя; 6 — канинская зимняя; 7 — кар-
ская зимняя; 8 — карская летняя; 9 — азорская лет-
няя; 10 — азорская зимняя.

дается некоторым увеличением облачности, выпадением осадков и усилением ветров.

Антициклоны движутся в основном по меридиональным траекториям (рис. 7). Ультраполярные оси арктических антициклонов идут зимой из района Карского моря, сюда же заходит и летняя Нордкапская ось. С антициклонами этих осей связаны значительные похолодания.

Над территорией Юго-Восточного Зауралья происходит и трансформация воздушных масс, вызванная обширными размерами района, его континентальным положением и местными ландшафтными особенностями. Трансформация воздушных масс в местный континентальный воздух происходит в течение круглого года. Увеличение повторяемости этого процесса в летнее время вызывает значительную аридность климата района.

Основными воздушными массами района являются воздух умеренных широт (ВУШ) и тропический воздух (ТВ).

Физические свойства континентального воздуха умеренных широт испытывают резкие сезонные изменения. Летом он увеличивает аридность климата, характеризуется высокой температурой, небольшой относительной влажностью и неустойчивой стратификацией в нижних слоях; зимой имеет низкие температуры, значительную влажность и устойчивую стратификацию, способствующую дальнейшему его охлаждению и приводящую к зимним температурным инверсиям. Морской воздух умеренных широт, реже появляющийся над территорией Юго-Восточного За-

На температурные условия и условия увлажнения у земной поверхности оказывает сильное воздействие также другой постоянно действующий фактор — атмосферная циркуляция.

Вдоль южной окраины исследуемой территории в холодное полугодие проходит ось западного отрога Сибирского максимума. К северу от нее господствуют ветры западных румбов, к югу — восточных.

Особенностью циркуляции атмосферы является редкое прохождение циклонов. Сюда, в глубь континента, проникает не более 40% атлантических циклонов. Хотя они попадают в район преимущественно в состоянии окклюзии, тем не менее появление их сопровож-

уралья, переживает здесь одну из последних стадий окклюзии. Летом он вызывает резкие смены погоды, усиление ветра, увеличение облачности и выпадение осадков. Зимние его вторжения сопровождаются снегопадами и сильными метелями (буранами).

Тропические воздушные массы чаще всего появляются над районом летом в виде континентального тропического воздуха, вторжения которого сопровождаются сильными ветрами, несущими зной, густую пыль, засухи. Впрочем, засухи возникают и в антициклонах азорского, а также северного происхождения. Режим ветров в холодное время года складывается, в основном, под влиянием устойчивого сибирского антициклона. Отрог Сибирского антициклона пересекает Южный Урал изобарами 767—771 мм. Район оказывается в периферической части максимума, подвергаясь, впрочем, влиянию Исландского минимума (декабрь) и Средиземноморской депрессии (декабрь — февраль), следствием чего являются проходящие циклоны и ветры южного направления. Весной повторяемость отрогов Сибирского антициклона резко убывает. Барический минимум, установившийся над Средиземным и Черным морями к концу зимы, весной заполняется, являясь все же источником кочующих циклонов, направляющихся на северо-восток, в сторону Южного Зауралья. Для весны характерна тенденция поворота преобладающих направлений ветра с юго-западного на северо-западное. Эта перестройка полностью завершается к началу лета, которое характеризуется большей частью размытым барическим полем.

Летом отчетлив крайний восточный отрог Азорского максимума. Когда ось максимума располагается южнее 50° с. ш., этот отрог препятствует прорыву циклонов с южных морей, вследствие чего устанавливается антициклональный тип погоды, характеризующийся частыми засухами. Когда же ось Азорского максимума лежит севернее, южные циклоны проходят своей западной стороной, вызывая увеличение осадков. Отрог относительно высокого давления быстро распространяется к западу, юго-западу и северо-западу, где давление значительно выше, чем в области его крайнего восточного отрога. Поэтому летом господствуют ветры западных румбов (рис. 8, а, б).

В начале осени восточный отрог субтропического максимума ослабевает и отступает к западу. В дальнейшем активизируются центры действия зимнего типа: обрисовывается североатлантический (Исландский) барический минимум, намечается Средиземноморская депрессия и Черноморский минимум. Подобная барическая ситуация обуславливает доступ в район циклонов, число которых, однако, невелико. Поэтому дождливые периоды чередуются с ясной и сухой антициклональной погодой. В конце осени барическая ситуация уже близка к зимней, западный отрог Сибирского антициклона стимулирует установление умеренно холодной погоды.

Таким образом, специфика атмосферной циркуляции Юго-Восточного Зауралья в основном выражается в следующем:

1) весьма активен обмен различных воздушных масс, преимущественно континентального происхождения;

2) интенсивны процессы трансформации, вызывающие повышение температур воздуха, что в конечном итоге приводит к формированию аридного климата;

3) аридность климата неизбежно приводит к континентальности. Степень континентальности климата² (73—90%) связана не только с высокими летними температурами, но и с сильным выхолаживанием в течение зимы;

² Континентальность вычислена по упрощенной формуле Ценкера: $K = \frac{A}{\varphi} \cdot 100$.

4) процессы радиационного выхолаживания и связанные с ними инверсии температур обусловлены также господством в районе устойчивого Сибирского антициклона, который в условиях малооблачной погоды достигает большой интенсивности.

Одним из важных климатообразующих факторов является рельеф, в прямой зависимости от характера которого меняется как количество лучистой энергии солнца, так и ход циркуляционных процессов. Различия почвенно-растительного покрова (колки, луговая степь, сухая степь)

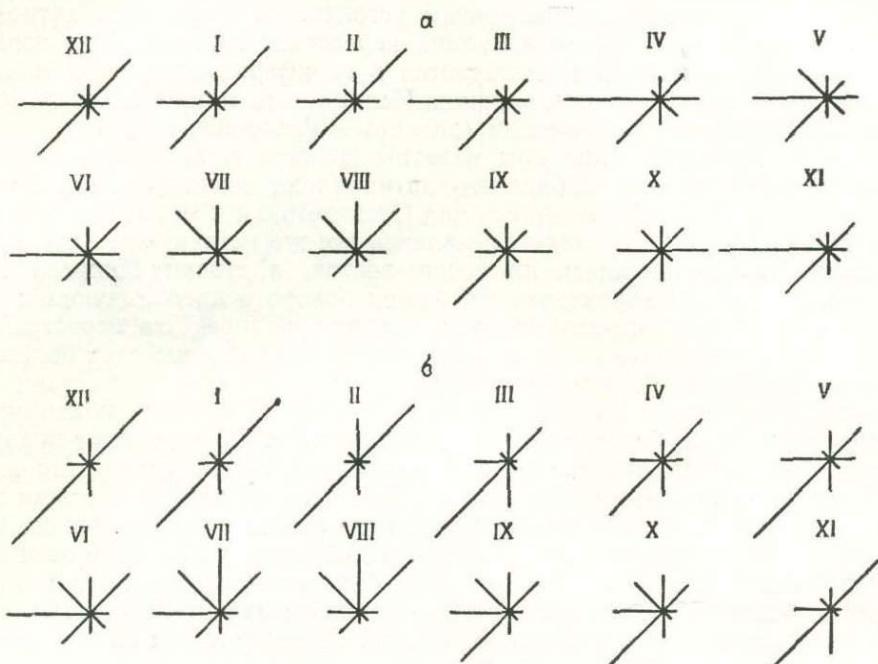


Рис. 8. Розы ветров.
а — Халиловский зерносовхоз; б — Адамовка.

порождают разнообразие теплового режима в приземном слое атмосферы. Быстро прогревающиеся степные пространства создают условия для образования мощных восходящих токов воздуха, в силу которых уровень конденсации водяных паров в свободной атмосфере здесь значительно выше, чем в более северных лесостепных районах. Это приводит к уменьшению облачности и осадков. Существенные корректизы здесь, кроме того, вносит степень расчлененности рельефа, дифференцирующее влияние которого находит свое отражение в инверсии температур. Последняя в связи с господством в районе антициклонального типа погоды наиболее сильно проявляется зимой. Зимние инверсии температур — явление столь устойчивое, что его можно рассматривать как характерную черту климата.

Обширные меридиональные депрессии долин крупных рек и плоскодонных суходольных ложбин стока отличаются большей сухостью и резче выраженной континентальностью. Это в свою очередь создает условия для продвижения на север более южных элементов почвенно-растительного покрова. В частности, солонцевато-степные и опустыненные группировки встречаются в таких депрессиях и в луговой степи, и даже на севере в лесостепной зоне, потому что именно в них при малом атмосферном увлажнении и слабом промывании почвогрунтов со-

здаются более благоприятные условия для засоления. Эта же особенность ослабляет и формирование солевой составляющей потоков рассеяния.

Таким образом, разнообразие форм рельефа и характера подстилающей поверхности приводит к дифференциации мезоклиматических условий в пределах района.

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Характерной чертой термического режима всего Юго-Восточного Зауралья является материковый тип годового хода температуры воздуха, характеризующийся контрастностью и резкостью как сезонных, так и межгодовых колебаний температур, значительной суточной и годовой амплитудами.

Средняя годовая температура воздуха (табл. 2) для всего района неизменно положительна, что соответствует большим величинам радиационного баланса. Холодная снежная зима длится здесь около 150 дней, начинаясь в последних числах октября и продолжаясь до первой декады апреля — период действия Сибирского антициклона. Средняя температура января колеблется в районе в пределах -17° , в то время как в соседних лесостепных территориях она поднимается до -15° , -16° .

Общий ход температуры нарушается показаниями ряда станций, расположенных на высоком гипсометрическом уровне, вызывающим повышение температур и, наоборот, — в депрессиях, где наблюдаются наиболее низкие среднемесячные температуры января (см. табл. 2). Зимой этому способствуют явления инверсий, типичные для замкнутых котловин и долин, куда стекают и где застаиваются массы холодного воздуха.

В периоды адвекции холодных арктических и сибирских полярных масс и последующего их радиационного выхолаживания наблюдаются особенно низкие температуры воздуха. Абсолютные минимумы достигают -44° , -45° . Вхождение в зимнее время теплых континентальных полярных масс воздуха из Ирана и Средней Азии приводит к кратковременным оттепелям, когда среднемесячная температура повышается до $+10^{\circ}$, $+4^{\circ}$.

Весенний переход средних суточных температур воздуха через 0° отмечается во второй декаде апреля (8—15 апреля). Весна в районе короткая, бурная, характеризуется довольно быстрым нарастанием температур воздуха. Несмотря на то, что нарастание температур идет неуклонно, достигая в мае $+12,8^{\circ}$, $+14,7^{\circ}$, характерная для весны циклическая неустойчивость создает предпосылки для неустойчивости термических условий. В апреле и мае отмечаются возвраты холода, вызываемые вхождениями с северо-запада и севера арктических воздушных масс с их последующим радиационным выхолаживанием. Возвраты холода сопровождаются выпадением снега.

Сухое жаркое лето длится около 110—120 дней и характеризуется весьма стабильным устойчивым термическим режимом. Самый жаркий летний месяц — июль, среднемесячные его температуры достигают $20,4^{\circ}$, $21,8^{\circ}$. Осенью (середина сентября — ноябрь) идет довольно интенсивный спад температур, связанный с резким уменьшением радиационного баланса. Первые осенние заморозки начинаются обычно в сентябре, а иногда и в конце августа (на крайнем юге они появляются на 10—15 дней позже). Величина годовой амплитуды — около $38,0^{\circ}$, соответственно и степень континентальности велика ($73\text{--}90\%$).

Режим и величина температуры воздуха, годовая амплитуда и степень континентальности, как отмечалось, в большой степени обусловли-

Таблица 2*

Годовой ход средних месячных температур воздуха

Название станций	Абс. высота, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	Ампли-туда
Актыр	513	-16,2	-15,8	-9,3	2,8	12,8	18,0	20,0	17,8	11,2	2,6	-6,0	-13,8	2,0	36,2
Халиловский з/совх. . .	454	-16,5	-15,8	-9,4	1,1	12,5	17,3	19,3	17,2	10,9	2,6	-6,5	-13,7	1,6	35,8
З/совх. им. Кирова . . .	318	-17,9	-17,1	-10,2	1,7	12,5	17,7	19,4	16,8	10,4	2,0	-7,6	-14,8	1,1	37,3
Адамовка	285	-17,8	-17,2	-10,1	2,2	13,1	18,5	20,4	17,4	10,9	2,6	-6,9	-14,7	1,5	38,2
Домбаровский	276	-17,2	-16,9	-9,2	3,2	14,3	19,6	21,8	19,2	12,3	3,8	-6,3	-13,8	2,6	39,0
Кувандык	224	-16,6	-14,6	-8,1	3,5	13,9	18,8	20,8	18,4	12,1	3,9	-5,3	-12,5	3,0	36,4
Таналык	224	-17,1	-16,6	-9,3	2,5	13,3	18,6	20,3	17,6	11,4	2,8	-6,5	-13,6	2,0	37,4
Орск	206	-16,8	-15,9	-8,6	3,1	14,0	19,5	21,4	18,0	12,5	4,1	-5,3	-13,7	2,8	38,2

* Табл. 2, 3, 4, 5 основаны на данных Агроклиматического справочника Чкаловской области. Л., Гидрометеоиздат, 1957.

Таблица 3

Зависимость годового хода температур воздуха и амплитуды от форм рельефа

Станции	Высота над ур. моря, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	Годов. ампл.	Степень континентальности
Кувандык	224	-16,6	-14,6	-8,1	3,5	13,9	18,8	20,8	18,4	12,1	3,9	-5,3	-12,5	3,0	36,4	70
Таналык	224	-17,1	-16,6	-9,3	2,5	13,3	18,6	20,3	17,6	11,4	2,8	-6,5	-13,6	2,0	37,4	73

ваются также высотой местности и формами рельефа. Зависимость годовой амплитуды температуры воздуха от форм рельефа можно проиллюстрировать на примере следующих двух станций: Кувандык и Таналык (табл. 3).

Обе станции находятся на одной и той же высоте (224 м над ур. моря). Но станция Таналык расположена в долине, что способствует скоплению зимнего холодного воздуха на дне долины и его дальнейшему переохлаждению. Кувандык же, напротив, расположен на северном, пологом склоне, где хорошие условия стока охлажденного воздуха. Поэтому естественно, что в течение всего года температура в Кувандыке выше, чем на станции Таналык; особенноное повышение наблюдается зимой (на 2—3°). Соответственно и годовая амплитуда ст. Кувандык (36,4) ниже, чем на станции Таналык (37,4). Отсюда и степень континентальности климата в районе ст. Таналык (73%) выше на 3%, чем у ст. Кувандык (70%).

Разнообразие ландшафтных и орографических условий предопределяет также неравномерное распределение осадков (табл. 4).

Таблица 4

Годовой ход осадков, мм
(средние многолетние данные)

Название станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Акъяр	13	11	14	15	28	38	40	30	24	25	19	11	268
Халиловский з/совх. . .	19	15	17	29	37	49	39	37	29	25	31	28	355
З/совх. им. Кирова . .	15	12	13	34	40	48	57	40	37	29	26	21	372
Адамовка	13	10	10	28	34	39	44	32	30	23	19	17	299
Домбаровский	17	14	16	22	30	34	40	28	26	20	28	25	300
Кувандык	28	19	22	22	38	48	42	35	35	30	36	33	338
Таналык	19	14	17	22	37	47	42	34	34	30	25	23	314
Орск	17	19	19	14	30	37	37	30	26	30	26	24	307

Внутриконтинентальное положение Юго-Восточного Зауралья приводит к тому, что вся эта территория относится к районам, недостаточно обеспеченным влагой.

В районе выпадает в течение года около 300 мм осадков, в то время как в умеренно засушливых степях и в лесостепье (Кувандык, з/совх. им. Кирова) количество их увеличивается до 350—370 мм. Наблюдаются и местные различия. Вытянутые, в основном с севера на юг, сопки и увалы создают довольно резкие различия в условиях увлажнения склонов разной экспозиции, в частности западных более увлажненных и восточных менее увлажненных склонов. Более увлажнены также участки местных повышений.

В холодный период года (октябрь—март), когда преобладают вторжения холодных и бедных влагой арктических воздушных масс и воздуха умеренных широт континентального происхождения, воздух не обогащается влагой за счет испарения с земной поверхности, количество осадков невелико и составляет лишь 20—40% их годовых сумм (табл. 5).

Барические условия теплого полугодия благоприятствуют выпадению значительного количества осадков. На фоне высоких температур воздуха сильно изменяется влагосодержание воздушных масс, особенно за счет испарения влаги в различных почвенно-растительных условиях. В целом в теплое время года (апрель—октябрь) выпадает в среднем 60—80% годовых сумм осадков. Начало образования и спад снежного

Таблица 5

Количество осадков (в %) теплого и холодного периода года

Периоды	Акъяр	Халиловский з/совх.	З/совх. им. Кирова	Адамовка	Домбровский	Кувандык	Таналык	Орск
Холодный (XI—III) .	26	20	23	24	33	37	21	30
Теплый (IV—X) .	74	64	77	76	66	68	78	70

покрова по времени почти совпадает с датами осеннего и весеннего переходов средних суточных температур воздуха через 0°. Ранние образования снежного покрова отмечаются в начале ноября, а на крайнем юго-востоке снегонакопление исчисляется лишь со 2—3-й декады ноября. Число дней со снежным покровом — около 100. Мощность снежного покрова и характер его распределения различен в зависимости от местных ландшафтных особенностей (главным образом орографии). Все возвышенные участки, особенно западные склоны, отличаются значительной (до 40—50 см) высотой снежного покрова, защищенные же долины и восточные склоны сравнительно малоснежны. Таким образом, в распределении осадков по всей территории отчетливо выражен континентальный тип их годового режима, значительное преобладание осадков весной и летом, максимум в июне — июле (30—70 мм) и минимум зимой (10—33 мм).

Следуя за годовым ходом температуры воздуха, абсолютная влажность возрастает от зимы к лету, а в переходные периоды то быстро увеличивается (весной), то уменьшается (осенью). Средняя годовая ее величина 5,8—6,5 мб.

Глубоко континентальное положение и разнообразие ландшафтных условий создают своеобразную картину и в распределении относительной влажности воздуха. В 13 часов она падает до 50%. Наблюдается закономерное уменьшение относительной влажности с северо-запада на юго-восток, обусловленное уменьшением количества осадков и повышением температуры в том же направлении.

В зимние месяцы относительная влажность составляет 65—75%. В весенние месяцы ее величина уменьшается, что связано с повышением температуры. В летние месяцы, характеризующиеся процессами трансформации воздушных масс, обилием солнечного тепла, высокими температурами и значительным иссушением воздуха, отмечаются наиболее низкие значения относительной влажности. Июль является месяцем с наименьшей относительной влажностью, не превышающей 28—30%, что оказывает большое влияние на процессы водной миграции в почвах.

Район характеризуется двумя минимумами относительной влажности: один в мае — июне (23—28%), другой — в августе (27—28%). Весенний минимум объясняется недостаточным притоком влаги с океанов при интенсивном росте температуры, когда испарение влаги значительно меньше интенсивности роста температур. Минимум в августе — результат того, что за лето происходит иссушение почвы и атмосферы, а также преобладают сухие ветры пустынь Средней Азии.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

Вегетационный период (а с ним совпадает и период максимальной водной миграции в почвах) в районе в среднем начинается около 20 ап-

реля и заканчивается 6—10 октября (даты перехода среднесуточной температуры воздуха через 5°). Продолжительность его, таким образом, 170—175 дней.

Одним из характерных проявлений континентальности климата данной территории является понижение температуры воздуха ниже 0° и связанные с ними заморозки в начале и конце вегетационного периода. Преобладают радиационные заморозки, хотя нередки и адвективные. Таким образом, безморозный период (115—125 дней) короче вегетационного, и этот разрыв в продолжительности обоих периодов отрицательно сказывается на росте теплолюбивых растений, а также сокращает сроки посевов сельскохозяйственных культур, которые нередко сдвигаются на начало мая.

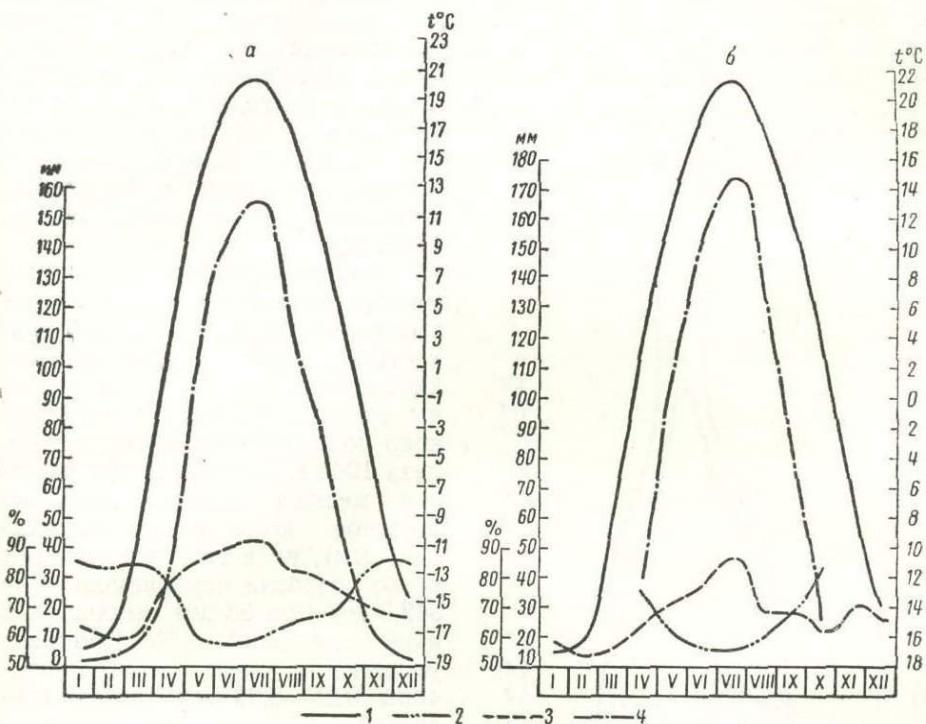


Рис. 9. Годовой ход климатических элементов.

а — Адамовка; б — Елеоновка. 1 — температура воздуха; 2 — относительная влажность; 3 — осадки; 4 — испаряемость.

Интенсивность и продолжительность заморозков зависит от условий мезо- и микрорельефа, заморозки в котловинах и горных долинах на 2—5° интенсивнее открытых территорий, а на вершинах сопок они слабее приблизительно на 2°. Число дней и суммы среднесуточных температур выше 10° наибольшее в пределах равнинного рельефа (2300—2700°), а наименьшее — в возвышенных участках (1800—2200°). За период май — июль в степных равнинах выпадает от 100 до 120 мм осадков, в районах мелкосопочников — от 120 до 130 мм.

Одним из важнейших показателей обеспеченности вегетационного периода влагой наряду с осадками и запасом влаги в снежном покрове является величина испарения. Для степной зоны она равна 240—550 мм (Борисов, 1959); величина испаряемости здесь равна 600—1000 мм.

Годовой ход испаряемости, вычисленный нами по формуле Н. Н. Иванова:³ $E=0,0018(\Theta+25)^2 \cdot (100-h)$ — показывает, что величина испаряемости в самый жаркий месяц — июль — превышает количество осадков этого месяца в 3—4 раза. Графики годового хода климатических элементов (рис. 9, а, б) наглядно фиксируют летний «разрыв».

Степень увлажненности характеризует и коэффициент увлажнения (K). В районе увлажнение недостаточное (K — за май—июнь месяцы не превышает 0,20—0,30). Наиболее низких значений достигает коэффициент увлажнения при засушливом и суховейном типе погоды, когда в отдельные годы происходят отклонения от нормы и в количестве осадков, и в температуре. Такими, например, были климатические условия лета 1962 г. (рис. 10).

Анализ показаний некоторых метеорологических элементов позволяет отметить явную аномальность на фоне многолетних величин. Значения их резко отличны от многолетних и наиболее ярко подчеркивают засушливость лета 1962 г. Так, например, в летние месяцы выпало довольно большое количество осадков (123 мм), но в эти же месяцы резко возросла испаряемость (до 342,0 мм при 33 мм выпавших в июле осадков). Коэффициент увлажнения уменьшился до величины 0,25—0,09 мм (июль—сентябрь).

Как правило, периоды засух отличаются устойчивыми антициклональными возмущениями атмосферы. Антициклоны формируются чаще всего в массах прежнего арктического воздуха. Процесс засухи усугубляется также ветрами, возникающими при наличии высокой температуры и низкой относительной влажности.

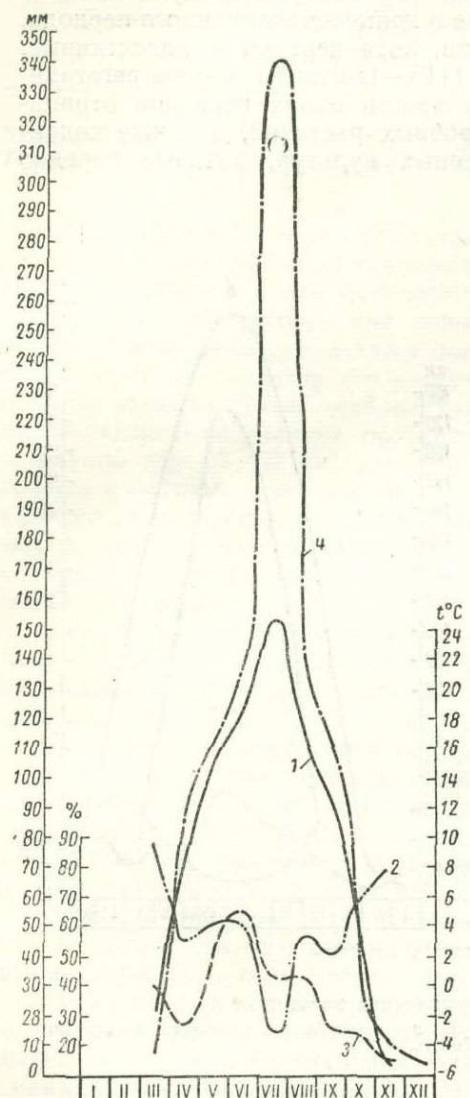
Рис. 10. Ход климатических элементов весенне-летне-осеннего времени 1962 г. (пос. Домбаровский).

Условные обозначения см. на рис. 9.

нности. Для района характерны не только слабые суховеи (в дневные часы дефицит влажности достигает 20—30 мм), но и интенсивные (30—40 мм), а также очень интенсивные (более 40 мм).

Обычно устойчивые суховеи наблюдаются и после трансформации континентального умеренного воздуха в континентальный тропический,

³ θ — средняя месячная температура воздуха; h — средняя месячная относительная влажность воздуха (в %).



когда происходит его насыщение высокой температурой и весьма низкой относительной влажностью. Существенное значение в формировании суховеев района имеет и близость пустынь и полупустынь Казахстана и Средней Азии, которые являются очагами формирования континентального тропического воздуха в теплое время года. Именно этим и можно объяснить исключительно высокую температуру и низкую относительную влажность воздуха в период суховеев при юго-восточных ветрах. Чаще всего суховеи наблюдаются в июне — августе.

Таким образом, несмотря на то, что в течение вегетационного периода выпадает $\frac{2}{3}$ годовых осадков, он отличается сухостью, так как максимум осадков совпадает с максимумом испарения. Кроме того, нередко осадки выпадают в виде ливней, поэтому летом запасы продуктивной влаги в почве непрерывно снижаются. Этот процесс при наличии суховеев, достигающих порой скорости 5 м/сек, отрицательно сказывается на развитии древесной растительности, пагубно влияет на хлеба и способствует дефляции почв. Эти же причины приводят к значительному усилению процессов эоловой миграции.

ГЛАВА IV

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Гидрохимическое опробование природных вод Орь-Кумакского водораздела велось попутно с металлометрической съемкой. Отобранные пробы воды подвергались анализу на следующий круг микрокомпонентов: железо закисное $\text{Fe}^{\cdot\cdot\cdot}$, железо окисное $\text{Fe}^{\cdot\cdot\cdot\cdot}$, нитраты NO_3^- и нитриты NO_2^- , ион аммония NH_4^+ , сероводород H_2S , рН, гидрокарбонаты HCO_3^- и карбонаты CO_3^{2-} , хлор Cl^- , сульфаты SO_4^{2-} , кальций Ca^{++} , магний Mg^{++} , натрий Na^+ , общая и карбонатная жесткость ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$) (из них $\text{Fe}^{\cdot\cdot\cdot}$, $\text{Fe}^{\cdot\cdot\cdot\cdot}$, NO_2^- , NO_3^- , H_2S , рН определены колориметрически, SO_4^{2-} — турбодиметрически, Ca^{++} , $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, HCO_3^- , CO_3^{2-} , CO_2 свободная, Cl^- — объемным методом). $\text{Fe}^{\cdot\cdot\cdot}$ определялось по интенсивности окрашенного комплекса с красной кровяной солью, $\text{Fe}^{\cdot\cdot\cdot\cdot}$ — с роданистым аммонием, нитраты и аммоний — с реактивом Неслера, нитриты — по реактиву Грисса, рН — по универсальному индикатору. Кальций и общая жесткость определены титрованием 0,05 н. раствором трилона Б; гидрокарбонаты и карбонаты 0,1 н. раствором HCl ; хлор 0,1 н. раствором AgNO_3 .

Подземные воды Южного Урала, заключенные, в основном, в верхней трещиноватой зоне массивнокристаллических пород палеозойско-мезо-кайнозойского возраста, по химическому составу и степени минерализации носят ярко выраженный аномальный характер. В то время как для степной зоны свойственны гидрокарбонатносульфатные и сульфатные воды повышенной минерализации, здесь достаточно широко распространены маломинерализованные сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные воды с преобладанием в катионном составе ионов кальция или магния. Однако в зоне погружения древнего кристаллического фундамента под толщами более молодых по возрасту рыхлых отложений различной мощности и генезиса воды приобретают гидрокарбонатносульфатный или гидрокарбонатно-хлоридный состав, а в катионном комплексе немаловажную роль начинают играть ионы натрия.

Состав и количество растворенных в водах веществ определяется сложным взаимодействием целого ряда природных факторов, основными среди которых являются: состав водовмещающих пород и условия циркуляции в них вод, определяющих гидрогеологические особенности района; химический состав атмосферных вод и их количество, а также соотношение между выпадением осадков и их испарением, что особенно важно при высоком уровне стояния грунтовых вод; характер почвенного

покрова и растительности и др. По этим признакам Орь-Кумакский водораздел выделяется как особый район, резко отличный от прилегающих частей Южного Урала.

Гидрогеологическая характеристика района Орь-Кумакского водораздела. Подземные воды Орь-Кумакского водораздела имеют пестрый химический состав и сравнительно высокую минерализацию. Формирование состава вод происходит в условиях замедленной циркуляции и водообмена поверхностных и подземных вод. Здесь в пределах первого от поверхности водоносного горизонта может быть выделено несколько водоносных комплексов:

1. Водоносный комплекс в эфузивных и метаморфических породах девонского возраста. Водовмещающими породами являются диабазы, диабазовые порфиры, туфы и кремнистые сланцы. По данным бурения, статистический уровень вод располагается на глубине 30,0 м от поверхности. Трещиноватость пород неоднородна. Особенно сильной трещиноватостью обладают породы в зонах разломов и тектонических контактов. Дебиты источников непостоянны, изменяясь в пределах от 2,0—3,0 до сотых долей л/сек.

2. Водоносный комплекс отложений карбона приурочен к меридиональным полосам выходов этих пород на дневную поверхность и имеет ограниченное распространение. Водовмещающими породами являются известняки, сланцы различного состава и кварциты. Глубина залегания уровня подземных вод невелика и не превышает 10—15 м от дневной поверхности.

3. Воды озерно-аллювиальных отложений и коры выветривания. Водоносными являются песчаные прослои и линзы, приуроченные к понижениям рельефа. Водообильность их незначительна и не превышает десятых и сотых долей л/сек. Район слабо дренируется существующей овражно-балочной сетью.

Основным источником пополнения запасов грунтовых и поверхностных вод района является инфильтрация атмосферных осадков как в местах выходов на поверхность кристаллических пород, так и в местах развития осадочных отложений. Последние могут частично пополнять запасы вод и за счет гидравлической связи с ниже- и вышележащими водоносными горизонтами.

Интересны данные о химическом составе атмосферных вод. По материалам Г. А. Максимовича (1955) атмосферные осадки степной и лесостепной зоны имеют гидрокарбонатно-сульфатный, реже сульфатно-гидрокарбонатный состав. Среди катионов наиболее распространенным является ион кальция. Минерализация этих вод изменяется в пределах от 25,56 до 119,28 мг/л. Для сухих степей характерен гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридно-натриевый состав при минерализации 200—206 мг/л. Преобладание осадков в жидким виде способствует более быстрой их инфильтрации, особенно по трещинам коренных пород, что при сравнительно низком уровне зеркала вод от поверхности способствует их слабому испарению. Однако при залегании вод на глубине, не превышающей 2,0—2,5 м (по данным В. А. Приклонского, 1948), непосредственное испарение может привести к повышению минерализации последних.

Испарение через почвенный покров при достаточном количестве выпадающих осадков и сильной расчлененности поверхности не приводит к изменению химического состава вод, в то время как в засушливых районах при замедленной циркуляции вод оно может вызвать концентрацию солей в почвах. Здесь сезонная смена водного режима приводит к накоплению в почвах и водах легкорастворимых солей — таких, как

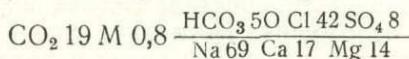
натрий (гидрокарбонаты натрия, карбонаты натрия). В засушливых условиях некоторую роль в повышении минерализации вод играет транспирация их растениями, корневая система которых нередко достигает нескольких метров. Совокупность вышеперечисленных факторов определяет гидрохимические особенности изучаемого района.

Природные воды Орь-Кумакского водораздела. При гидрохимических исследованиях здесь в основном были изучены поверхностные воды рек, ручьев, озер, многие из которых пересыхают летом. Климатические условия, и в первую очередь малое количество атмосферных осадков, значительное испарение, глинистый состав пород препятствуют инфильтрации вод вглубь. Основная масса атмосферных вод сбрасывается довольно разветвленной овражно-балочной сетью.

Общая минерализация поверхностных вод района не превышает 1,0 г/л. В подавляющем большинстве случаев она колеблется от 0,4 до 0,8 г/л. Лишь в озерах минерализация вод поднимается до 3,2 г/л. Интересен химический состав поверхностных вод. Основным анионом является гидрокарбонат-ион, содержание которого составляет 47—89% экв. На следующем месте — хлор-ион, содержание которого колеблется в пределах 20—45% экв. Содержание сульфат-иона невелико и не превышает 5—10% экв.

Катионный состав вод определяется направлением почвообразовательных процессов. Для района характерно наличие легко растворимых щелочей (натрия) в почвенно-поглощающем комплексе. Это связано как с исходной засоленностью почвообразующих пород, так и с сезонностью движения водных масс в системе почвогрунтов. Смена инфильтрации атмосферных осадков и капиллярного поднятия вод при замедленной циркуляции их приводит к накоплению натрия в почвах и водах. Катионный состав поверхностных вод, таким образом, определяется присутствием иона натрия, содержание которого колеблется в пределах 35—75%. Ион кальция содержится в количестве 12—35% экв, а ион магния — 12—25% экв.

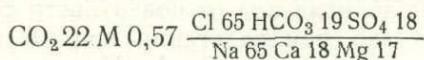
Типичная формула этих вод имеет следующий вид:



(р. Камсак — приток р. Орь).

В восточной части водораздела, в районе пос. Прииск-Кумак, д. Ореховка, в р. Джабыга воды имеют хлоридно-натриевый состав. Минерализация вод изменяется в пределах 0,4—1,3 г/л. Преобладающим анионом является хлор-ион. Содержание его колеблется в пределах 51—78% экв. Содержание гидрокарбонат-иона снижается до 11—45% экв. Сульфат-ион содержится в количестве от 5 до 45% экв. Среди катионов доминирующим является ион натрия. Содержание его изменяется от 43 до 78% экв.

Типичная формула вод восточной части водораздела такова:



(р. Кукупыкта, в районе пос. Ореховка).

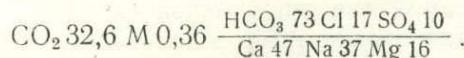
Для поверхностных вод района характерно значительное содержание свободной углекислоты, в среднем около 30,0 мг/л. Крайние значения содерганий заключены в пределах 19,0—65,0 мг/л. Железо в закисной и окисной форме встречается очень редко. Нитрит-ион отсутствует. Содержание нитрат-иона, достигающего в ряде случаев 3,0—40,0 мг/л, свидетельствует об органическом загрязнении вод. Ион аммония присутствует повсеместно. Количество его изменяется в широких пределах —

от 1,5—до 18,0 мг/л. Присутствие его в водах является также показателем их органического загрязнения. Жесткость поверхностных вод в среднем составляет 4,6—6,0 мг/экв, рН вод близок к нейтральному (6,5—7,0).

Подземные воды Орь-Кумакского водораздела изучены слабо. Особенno это относится к водам коры выветривания. В нашем распоряжении имеется лишь несколько источников и скважин, характеризующих воды трещиноватой зоны палеозойских пород.

Подземные воды, заключенные в эфузивных и метаморфических разностях девона, отличаются пестрой минерализацией, что находится в прямой зависимости от трещиноватости пород, расчлененности поверхности и близости к областям питания. В западной части района воды девонского водоносного комплекса характеризуются слабой минерализацией, не превышающей 0,64 г/л. По составу воды относятся к хлоридно-гидрокарбонатному типу. В составе катионов, в зависимости от литологии вмещающих пород, присутствуют ионы кальция, магния или натрия. При движении к востоку наблюдается увеличение минерализации вод до 2,2—3,3 г/л. С увеличением минерализации наблюдается резкое изменение в соотношении анионов. При минерализации, превышающей 2,0 г/л, воды приобретают хлоридно-сульфатно-натриевый состав.

Подземные воды, заключенные в известковисто-кварцитовой толще, отличаются слабой минерализацией. По данным анализа воды из источника, расположенного в районе пос. Бис-Тюбе, химический состав ее таков:



Подземные воды коры выветривания и озерно-аллювиальных отложений изучены слабо. Минерализация их велика, достигает 2,6—3,3 г/л (колодец в центральной усадьбе совх. Акжарский, колодец в пос. Ореховка). В первом случае вода имеет гидрокарбонатно-хлоридно-натриевый состав. В пос. Ореховка встречена хлоридно-сульфатно-натриевая вода. Величина рН близка к нейтральной (6,7—6,9), жесткость значительна (9,9—19,5 мг·экв.).

Анализ вод на рудные компоненты проводился методом сорбирования последних с сульфидом кадмия по методике, разработанной ВИТРОм Министерства геологии СССР. Спектральный анализ

Таблица 6

Содержание микроэлементов в природных водах Орь-Кумакского водораздела

Микро-элементы	Воды поверхностные		Воды коры выветривания (1 опред.)	Воды девонского комплекса (1 опред.)	Воды карбонового комплекса (4 опред.)
	речные (18 опред.)	озерные (6 опред.)			
Co	н/о—6 (0,7)	н/о	н/о	н/о	н/о
Ni	н/о—20 (2,9)	н/о—3 (1,3)	1,0	<1—3 (1,5)	<1—1 (<1)
V	н/о—10 (1,3)	н/о	н/о	н/о—<1 (0,25)	н/о
Mo	н/о—2 (0,6)	н/о—5 (1,6)	следы	<1—5 (2)	н/о
Cu	сл.—6 (1,6)	<1—5 (1,6)	1,0	<1—5 (4)	сл.—<1 (<1)
Zn	н/о—80 (20,5)	н/о—30 (15)	300	н/о—40 (20)	н/о—20 (10)
Pb	н/о—2 (0,7)	н/о—<1 (<0,2)	3,0	н/о	н/о—1 (<1)
Cr	н/о—6 (0,8)	н/о—3 (1,0)	1,0	1—2 (1,5)	н/о—1 (<1)
Ga	н/о—3 (0,4)	н/о	н/о	н/о	н/о

Примечание: н/о—3 — пределы колебаний содержаний; (1,3) — среднее содержание.

концентратов-осадков сульфида кадмия осуществлялся методом испарения пробы из канала угольного электрода и возбуждения спектра в дуговом разряде переменного тока. Полуколичественная оценка содержаний микроэлементов проводилась посредством десятиступенчатого платинового ослабителя. Чувствительность метода: в $\mu\text{г}/\text{л}$ ($\text{мкг}/\text{л}$) Cu, Zn — 2—3; Mo, Pb, Ga... — 0,1—0,3.

Приведенные в табл. 6 данные о содержании некоторых металлов свидетельствуют о том, что в природных водах Орь-Кумакского водораздела присутствует достаточно широкий круг микроэлементов, среди которых повсеместно распространены Ni, Cu, Zn, Cr, реже встречаются V, Mo, Pb, Co, Ga. Количественное содержание перечисленных микроэлементов невелико, что связано со слабой минерализацией вод, их гидрокарбонатным составом и нейтральной, реже слабощелочной, реакцией. Воды изучаемого района отличаются нижефоновым и фоновым содержанием микроэлементов.

ГЛАВА V

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

Территория Орь-Кумакского водораздела лежит в подзоне темно-каштановых почв, непосредственно граничащей с зоной черноземов (Ерохина, 1959). Однако основательное знакомство с почвенным покровом этих районов показывает, что он не соответствует почвенному покрову подзоны темно-каштановых почв. Это несоответствие заключается в том, что на положительных элементах рельефа указанной территории абсолютно преобладающее развитие получили не темно-каштановые нормальные, не засоленные почвы, а пестрый комплекс почв, состоящий из эродированных в различной степени солонцеватых почв и солонцов. Последние часто преобладают в почвенном покрове комплексов, развиваясь на пестроцветных гипсонасных глинах и суглинках, являющихся элювием¹ различных коренных пород. Незасоленные темно-каштановые почвы, как это видно на карто-схеме (рис. 11), преимущественно развиты в отрицательных формах рельефа на делювиальных суглинках, где они являются уже нетипичными. Нетипичность их связана с дополнительным увлажнением за счет поступления вод поверхностного стока.

Широкое распространение на плакорах обследованной территории солонцов и сильно солонцеватых почв, не связанных с грунтовым увлажнением, объяснялось главным образом характером почвообразующих пород. В процессе выветривания коренных пород в почвенном профиле накапливаются легкорастворимые соли, обусловливающие образование засоленных почв. Так, С. С. Неуструев в предисловии к работе М. И. Рожанца (1926), обследовавшего почвы этих районов, писал: «Одним из главных выводов настоящей работы является установление той исключительно важной роли, которую играют геологические и геоморфологические условия в генезисе почвенного и растительного покрова страны. Резкость проявления этих факторов увеличивается в данном районе по мере роста сухости климата к югу вместе с ослаблением энергии почвообразования. Вместе с тем та же тенденция изменения климата в сторону сухости является причиной увеличения влияния солей на почвообразовательные процессы, хотя эта сторона маскируется часто влиянием материнской породы».

Из приведенной цитаты видно, что своеобразие почвенного покрова описываемой территории С. С. Неуструев объясняет геологическими и

¹ Автор относит к элювию глины и суглинки, рассматриваемые другими как кора выветривания.

геоморфологическими условиями и сухостью климата. В весьма общих чертах это положение является справедливым, однако объемлет не все особенности почвенного покрова изучаемой территории.

ТЕМНО-КАШТАНОВЫЕ МАЛОМОЩНЫЕ ЩЕБЕНЧАТЫЕ ПОЧВЫ

На поверхности пологоволнистой равнины Орь-Кумакского водораздела повсюду разбросаны бугры и возвышенности высотой 5—10 и более метров, вытянутые близко к простиранию пород. Они сложены плотными кристаллическими породами различного возраста, которые в центральной, наиболее повышенной части бугров выступают на поверхности. Периферическая часть таких бугров с поверхности покрыта маломощным слоем мелкозема, содержащего в том или ином количестве щебенку кристаллических пород.

На мелкоземистых темно-каштановых щебенчатых почвах этих бугров обычно господствует типчаково-ковылковая ассоциация, которая на наиболее повышенной каменистой части сменяется типичной петрофильной растительностью, среди которой особо выделяется заячья капуста, *Orostachys spinosa*, горноколосник, дикий чеснок, спирея и др.

Как показывает само название, темно-каштановые маломощные щебенчатые почвы, развитые на этих буграх, характеризуются малой мощностью и щебенчатостью. Судя по тому, что мощность этих почв постепенно уменьшается в направлении к вершине останцов, уступая место голой плите, можно заключить, что почвы эти являются молодыми, недоразвитыми. Последнее связано с интенсивно протекающими процессами эрозии, которые беспрерывно омолаживают процесс почвообразования, опережают время, необходимое для формирования зрелой почвы.

ТЕМНО-КАШТАНОВЫЕ СУГЛИНИСТЫЕ И СУПЕСЧАНЫЕ СЛАБОЭРОДИРОВАННЫЕ И НЕЭРОДИРОВАННЫЕ ПОЧВЫ

Как видно на прилагаемой карто-схеме (см. рис. 11), эти почвы занимают очень небольшую площадь и в большинстве своем распаханы и используются в земледелии. Они развиты на элювии различных коренных пород, располагаясь на плоских водораздельных поверхностях или на пологих склонах, защищенных от господствующих ветров. В большинстве своем они обладают слабой степенью солонцеватости, реже среднесолонцеваты и часто комплексируются с сильноэродированными и сильносолонцеватыми разновидностями темно-каштановых почв и солонцами. Приведем типичные разрезы.

Разрез 110. Заложен на с.-с.-з. от пос. Кумак, около 5 км, на плоской равнине, очень слабо наклоненной на ю.-в.

Растительность:

Stipa lessingiana cop., *Stipa capillata* cop., *Festuca sulcata* cop., *Artemisia austriaca* sp., *Linosyris villosa* sp., *Galium ruthenicum* Sp., *Veronica incana* Sol., *Medicago romana* sol., *Achillea nobilis* sol. и др.

Поверхность почвы мелкокочковатая, между кочками устланная хрящем. Вскапает почва от HCl с 27 см, выделений карбонатов нет, выделения сульфатов с 90 см (натеки на нижней стороне щебенки).

А 0—9 см	Сухой, плотноватый, коричневато-серой окраски, среднесуглинистый, комковато-пороховидной структуры, сильно переплетен корнями растений, с редким хрящом.
А ₁ 9—27 см	Сухой, слабоуплотненный, серовато-коричневой окраски, среднесуглинистый, комковато-мелкозернистой структуры.
В 27—69 см	Сухой, слабоуплотненный, окрашен неравномерно — карманами, серовато-светло-бурый и светло-серый, легкосуглинистый, распадается на комковато-пороховидные отдельности.
СД 69—90 см	Свежий, плотноватый, желтовато-светло-серой окраски, легкосуглинистый, непрочной комковатой структуры, с редкой щебенкой.

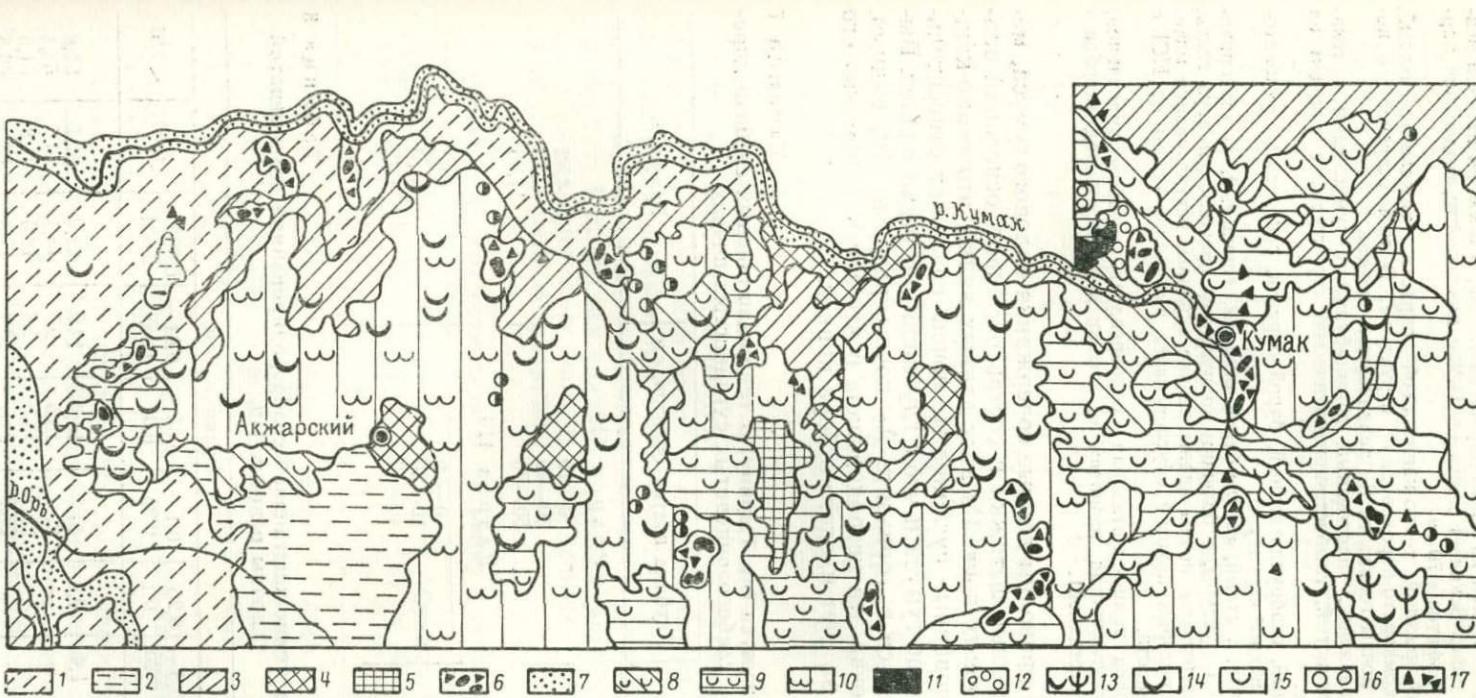


Рис. 11. Почвенная карто-схема.

Почвы: 1 — темно-каштановые супесчаные и темно-каштановые супесчаные слабозеродированные; 2 — темно-каштановые супесчаные солонцеватые слабозеродированные; 3 — темно-каштановые суглинистые и темно-каштановые суглинистые слабозеродированные; 4 — темно-каштановые суглинистые западинные на делявии; 5 — темно-каштановые глинистые и темно-каштановые глинистые слабозеродированные; 6 — темно-каштановые щебнистые эродированные с выходами плотных пород кислого и основного состава; 7 — аллювиальные супесчаные и песчаные. Комплексы и сочетания почв; 8 — темно-каштановые суглинистые солонцеватые почвы и солонцы — 25%; 9 — темно-каштановые суглинистые солонцеватые эродированные почвы и солонцы — 25%; 10 — темно-каштановые суглинистые солонцеватые почвы и солонцы — 25%; 11 — темно-каштановые солонцеватые эродированные почвы и солонцы — 50%; 12 — темно-каштановые щебнистые эродированные почвы, солонцы и солончаки; 13 — темно-каштановые осололедные почвы и темно-каштановые солонцеватые почвы с пятнами солонцов и солончаков и выходами гранитов. Внемасштабные знаки: 14 — солонцы; 15 — солончаки; 16 — солиди; 17 — щебнистость почв на выходах плотных пород.

Почва темно-каштановая слабосолонцеватая, с пятнами солонцов, развитая на элювиально-делювиальных суглинках.

Разрез 119. Заложен от пос. Кумак на з., по дороге на Ясный, в 6 км, на плоской возвышенной равнине, на пашне. Вскапает почва от HCl с поверхности, выделений карбонатов нет, выделения сульфатов с 70 см.

A_{пах} 0—22 см Свежий, рыхлый, темно-каштановой окраски, тяжелосуглинистый, рыхлокомковато-пороховидной структуры. В нем встречаются комочки почвы горизонта B₁, захваченные пахотой.

B₁ 22—55 см Слабовлажный, уплотненный, грязно-бурый, с гумусовыми потеками, глинистый, глыбисто-призматической структуры, с глянцем на изломе.

B₂ 55—70 см Влажный, слабоуплотненный, бурой окраски, глинистый, комковато-пороховидной структуры.

C 70—120 см Влажный, рыхлый, светло-бурой окраски, глинистый, рыхлопороховидной структуры, с большим количеством прожилок и друз гипса. На поверхности почвы видны редкие сурчины, растирание материала которых пахотой обуславливает выkipание почвы от HCl с поверхности.

Почва темно-каштановая солонцеватая, слабоэродированная, тяжелосуглинистая, развитая на элювии коренных пород (карбоновых известняков).

В табл. 7, 8, 9, 10 приводим данные содержания валового гумуса, механический состав, водные вытяжки и состав обменных оснований описанных темно-каштановых почв. Из этих данных видно, что темно-каштановые слабоэродированные суглинистые почвы содержат относительно невысокое количество гумуса и что с глубиной оно резко падает. Высокое содержание гумуса в горизонте A₀ почвы разреза 110, видимо, связано с тем, что почва эта неэродирована и что здесь количество его несколько завышено за счет плохого отбора корней.

Таблица 7

Содержание валового гумуса (по Тюрину) в темно-каштановых слабоэродированных и слабосолонцеватых суглинистых почвах

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Гумус, %
Разрез 119		
A	0—20	4,32
B ₁	30—40	2,38
B ₂	60—70	1,38
Разрез 110		
A ₀	0—9	8,95
A ₁	10—20	4,10
B	40—50	1,72

Таблица 8

Механический состав темно-каштановой слабоэродированной солонцеватой почвы разреза 119, %

Гори- зонт	Глубина взятия образца, см	Фракции, мм								
		1—0,5	0,5— 0,25	0,25— 0,1	0,1— 0,05	0,05— 0,01	0,01— 0,002	0,002— 0,001	<0,001	<0,01
A	0—20	9,0	1,4	0,4	17,5	13,9	14,2	21,9	21,7	57,8
B ₁	30—40	6,4	—	—	21,7	13,5	9,7	18,1	30,6	58,4
B ₂	60—70	3,4	—	—	25,7	18,3	2,8	18,0	31,8	51,6
C	70—80	4,0	—	—	26,0	21,1	13,4	17,3	18,8	48,5
C	110—120	3,4	—	—	26,3	11,2	9,9	25,7	23,5	59,1

Таблица 9

Данные водной вытяжки из темно-каштановых слабоэродированных и слабосолонцеватых почв разрезов 110 и 119, %/мг·экв на 100 г почвы

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Сухой остаток	Щелочность		Cl'	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ + K ⁺ по разности
			CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻					
Разрез 119									
A _{пах}	0—20	0,047	Нет	0,038 0,6	0,002 0,1	0,004 0,1	0,011 0,6	0,002 0,2	0,000 0,0
B ₁	30—40	0,084	0,002 0,1	0,065 1,1	0,003 0,1	0,007 0,2	0,008 0,2	0,004 0,3	0,014 0,7
B ₂	60—70	0,166	0,003 0,1	0,069 1,1	0,009 0,3	0,022 0,5	0,006 0,3	0,004 0,3	0,030 1,3
C	70—80	0,889	Нет	0,022 0,3	0,016 0,5	0,597 12,4	0,135 6,8	0,029 2,4	0,092 4,0
Разрез 110									
A ₀	0—9	0,069	Нет	0,036 0,6	0,002 0,1	0,005 0,1	0,009 0,5	0,003 0,3	0,000 0,0
A ₁	10—20	0,044	То же	0,037 0,6	0,002 0,1	0,005 0,1	0,009 0,5	0,003 0,3	0,000 0,0
B	40—50	0,043	" "	0,045 0,7	0,002 0,1	0,002 0,0	0,011 0,5	0,003 0,3	0,000 0,0
C	80—90	0,067	" "	0,035 0,6	0,003 0,1	0,011 0,2	0,011 0,5	0,004 0,4	0,000 0,0

Данные табл. 8 показывают, что почва разреза 119 имеет тяжелосуглинистый механический состав и что в горизонтах B₁ и B₂ в связи с солонцеватостью почвы и илювиальным процессом отмечается накопление илистой фракции. Повышенное содержание в пахотном горизонте почвы фракций от 1 до 0,1 мм связано с эродированностью почвы — со смыслом и выдуванием мелкозема и накоплением в связи с этим на поверхности почвы крупных фракций.

Таблица 10

Состав обменных оснований по Гедройцу в почве разреза 110, мг·экв

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Сумма Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ + Na ⁺	От суммы, %		
						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
A ₀	0—9	0,590 29,6	0,058 4,8	0,010 0,4	0,558 34,8	85,1	13,8	1,1
A ₁	10—20	0,500 24,8	0,064 5,3	0,018 0,8	0,582 30,5	80,2	17,2	2,6

Данные табл. 8, 9, 10 говорят о сильной засоленности легкорастворимыми солями (сульфатами) почвы разреза 119, развитой на элювии известняков карбона, и практической незасоленности почвы разреза 110, развитой на элювиально-делювиальном суглинке. Эта разница в засолении описанных почв связана с различием минералогического состава исходных пород и степенью эродированности описанных почв. Почва разреза 110 отличается также высоким содержанием обменных оснований и слабой солонцеватостью.

ТЕМНО-КАШТАНОВЫЕ СРЕДНЕ- И СИЛЬНОЭРОДИРОВАННЫЕ СОЛОНЦЕВАТЫЕ ПОЧВЫ

Темно-каштановые средне- и сильноэродированные солонцеватые почвы располагаются на положительных элементах рельефа, занимая водораздельные междуречные пространства и склоны к поймам рек. Вместе с солонцами, с которыми они повсеместно комплексируются, то преобладая над ними, то значительно уступая им по занимаемой площади, они, как видно на почвенной карте, занимают преобладающую часть территории Орь-Кумакского водораздела. Они развиты на элювии различных коренных пород, преимущественно под грудницео-типчаково-ковылковой изреженной растительностью. Типчак образует на поверхности почвы микрокочки. Участки, расположенные между кустами типчака, обычно имеют вогнутую поверхность и часто сплошь устланы мелким, рассеянным в профиле почвы хрящом плотных кристаллических пород. Накопление хряща на поверхности почвы связано с выдуванием ветром и вымыванием мелкозема поверхностными ливневыми водами. Мощность горизонта А этих почв колеблется от 19 до 10 см. При этом чем меньше мощность горизонта А почвы, тем она обычно сильнее солонцевата. Характер почв виден из следующих описаний.

Разрез 9. Вырыт в 9 км к з.с.-з. от главной усадьбы совх. Акжарского, на полого-волнистой равнине, в слегка пониженной части. Пастья — посев яровой пшеницы, удовлетворительного состояния (26 VI 1961 г.) с голыми пятнами (около 25—30%), образовавшимися там, где на поверхность выберут солонцовый горизонт В₁. Вскапает почва с 30 см, выделения сульфатов — с 95 см.

А _{пах} 0—22 см	Сухой, рыхлый, серовато-темно-каштановой окраски, среднесуглинистый, непрочной комковато-пороховидной структуры, частично перемешан с нижележащим горизонтом.
В ₁ 22—30 см	Свежий, слабоуплотненный, серовато-каштановой окраски, среднесуглинистый, комковато-пороховидной структуры, с редким хрящом плотных пород.
В ₂ 30—60 см	Сухой, плотноватый, тонкопористый, светло-буровой окраски, среднесуглинистый, рыхлокомковатой структуры, с редким мелким хрящом.
ВС 60—90 см	Слабовлажный, рыхлый, пористый, серовато-светло-буровой окраски, среднесуглинистый, рыхлокомковатой структуры, с прожилками карбонатов.
С 90—120 см	Влажный, рыхлый, буровато-желтоватой окраски, среднесуглинистый, рыхлокомковатой структуры, с прожилками сульфатов.

Почва темно-каштановая эродированная солонцеватая, с пятнами сильноэродированных и сильносолонцеватых и солонцов около 25—30%.

В связи с интенсивным процессом эрозии все эродированные темно-каштановые почвы бедны гумусом. Например, в горизонте А разреза 9 содержание гумуса составляет 3,85%, в горизонте А разреза 17 — 4,05%.

В табл. 11 приведен состав водной вытяжки из двух разрезов эродированных темно-каштановых почв. Из приведенных данных видно, что почвы обоих разрезов заметно засолены легкорастворимыми солями. Так как в обеих почвах максимум хлоридов по профилю лежит выше максимума сульфатов, то эти почвы напоминают собой гидрогенные почвы, испытывающие вторичное засоление.

ТЕМНО-КАШТАНОВЫЕ СУГЛИНИСТЫЕ И СУПЕСЧАННЫЕ ЗАПАДИННЫЕ ПОЧВЫ, РАЗВИТЫЕ НА ДЕЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Эти почвы располагаются в замкнутых и полузамкнутых плоских понижениях, на древних террасах рек и на пологих шлейфах склонов к долинам рек. Они развиты преимущественно на делювиальных отложениях и реже — на древнем аллювии. В большинстве своем эти почвы обеспечены времененным дополнительным увлажнением за счет поверх-

Таблица 11

Содержание воднорастворимых веществ в темно-каштановых эродированных почвах, %/мг·экв на 100 г почвы

Гори- зонт	Глубина взятия образца, см	Сухой остаток	Щелочность		Cl'	SO ₄ '	Ca''	Mg''	Na' + K' по раз- ности
			CO ₃ '	HCO ₃ '					
Разрез 9									
A _{пах}	0—15	0,081	Нет	0,033 0,5	0,005 0,1	0,003 0,1	0,010 0,5	0,003 0,3	0,000 0,0
B ₁	40—50	0,311	"	0,020 0,3	0,162 4,6	0,012 0,3	0,044 2,2	0,015 1,3	0,041 1,8
B ₂	70—80	0,224	"	0,128 0,5	0,093 2,7	0,038 0,8	0,012 0,6	0,009 0,7	0,059 2,6
Разрез 17									
A	0—20	0,091	Нет	0,035 0,5	0,009 0,3	0,007 0,2	0,010 0,5	0,001 0,1	0,012 0,5
B ₁	30—40	0,179	"	0,028 0,5	0,063 1,8	0,020 0,4	0,022 1,1	0,009 0,7	0,02 0,9
BC	90—100	0,110	"	0,063 1,0	0,002 0,1	0,015 0,3	0,008 0,4	0,005 0,4	0,014 0,6
C	130—140	0,639	"	0,019 0,3	0,061 1,7	0,371 7,7	0,066 3,3	0,024 2,0	0,102 0,4

ностного стока дождевой и талой воды с положительных элементов рельефа. Поэтому на этих почвах создаются более благоприятные условия развития растительности, а в самих почвах — более благоприятные условия для промывного режима, чем в темно-каштановых почвах плакоров.

Если считать, что зональность почв и ландшафтов определяется климатом, и прежде всего соотношением тепла и влаги, то эти почвы являются частично гидрогенными, неполностью зональными, а переходными от интразональных гидрогенных к зональным. По этой причине они существенно отличаются от типичных зональных темно-каштановых почв плакоров. Если типичные зональные темно-каштановые почвы плакоров вскипают от HCl в среднем с 50 см, то эти почвы — в среднем с 85 см и глубже. Если в типичных темно-каштановых почвах плакоров сульфаты в среднем залегают на глубине около 100 см, то в этих почвах они в большинстве в пределах почвенного профиля отсутствуют. И наконец, в наиболее пониженных частях депрессий эти почвы постепенно переходят в темноцветные западинные осоледелые почвы и солоди, а на слегка приподнятых периферических частях депрессии они переходят в комплексы почв, состоящие примерно наполовину из темно-каштановых западинных солонцеватых почв и солонцов.

Приводим морфологическое описание двух разрезов темно-каштановых западинных почв и содержание в них гумуса по Тюрину.

Разрез 1. Заложен в 1,5 км от центральной усадьбы совх. Акжарского, в плоской депрессии полого-волнистой равнины, на старой залежи. Растительность: *Stipa capillata* corp., *Festuca sulcata* sp., *Koeleria gracilis* sol., *Bromus inermis* sp., *Potentilla* sp.-sol., *Achillea nobilis* sol., *Artemisia* sp.-sol.

Вскипает почва от HCl с 79 см.

A_{пах} 0—16 см Слабовлажный, плотноватый, темно-серой, почти серой окраски с коричневым оттенком, легкосуглинистый (почти супесь), рыхлокомковатой структуры, переплетен корнями растений.

A 16—35 см	Свежий, плотноватый, серовато-темно-каштановой окраски, очень легкосуглинистый, рыхлокомковатой структуры, пронизан редкими корнями растений.
B ₁ 35—59 см	Влажный, очень слабоуплотненный, серовато-коричневой окраски, легкосуглинистый, комковато-крупнитчатой структуры.
B ₁ ² 59—79 см	Сырой, плотноватый, светло-коричневой окраски, легкосуглинистый, рыхлопороховидной структуры, с серыми гумусовыми пятнами.
B ₂ 79—105 см	Мокрый, рыхлый, серовато-светло-коричневой окраски, тяжелая супесь бесструктурная с крупными участками, пропитанными карбонатами, имеющими светло-серую окраску.
BC 105—112 см	Мокрая, рыхлая, светло-желтая супесь, бесструктурная.

Почва темно-каштановая западинная, развитая на делювии.

Судя по описанию почвы, в ней, где-то на глубине около 2—2,5 м, стоит верховодка, что является совершенно нехарактерным для плакорных темно-каштановых почв. В верхнем пахотном горизонте описанной почвы, на глубине 0—15 см, содержится 2,15% гумуса, а в нижележащем подпахотном — 2,02%. Эти величины валового содержания гумуса сравнительно очень невысокие; они связаны, видимо, со сравнительно легким механическим составом почвы и с протекающим процессом приноса водой и ветром почвенной массы с окружающих повышенных участков равнин.

Разрез 25. Заложен в 1,5 км на ю.-з. от пос. Бис-Тюбе, на пониженной равнине, вытянутой вдоль р. Кумак, на пашне.

Вскапает почва от HCl с 88 см, выделений сульфатов нет.

A 0—30 см	Влажный, в верхней части до 20 см пахотный, рыхлый, глубже плотноватый, темно-серый с коричневым оттенком окраски, легкосуглинистый, рыхлокомковато-пороховидной структуры.
B ₁ 30—45 см	Влажный, плотноватый, серовато-коричневой окраски, с темно-серыми гумусовыми потеками, среднесуглинистый, рыхлокомковатой структуры.
B ₁ ² 45—88 см	Влажный, слабоуплотненный, пористый, окрашенный неравномерно. По бурому фону горизонтальные полосы красно-бурые, среднесуглинистый, рыхлокомковато-пороховидной структуры, с редкими обломками кварцитов.
B ₂ 88—143 см	Влажный, плотноватый, светло-буровой окраски опесчененный средний суглинок, рыхлокомковатой структуры, с пятнами, слабо пропитанными карбонатами. Почва темно-каштановая суглинистая западинная, развитая на делювии.

В пахотном горизонте описанной почвы, на глубине 0—20 см, содержится 4,14% гумуса, в подпахотном горизонте, на глубине 20—30 см, — соответственно 5,11%, а в горизонте B₁, на глубине 35—45 см, — 2,70%. Как видно из приведенных данных, описанная почва характеризуется относительно высоким содержанием валового гумуса и более высоким в подпахотном горизонте, чем в пахотном. Последнее надо объяснить, видимо, усилением приноса водой и ветром почвенной массы с вышележащих пахотных массивов.

СОЛОНЦЫ И СОЛОНЧАКОВАТЫЕ СОЛОНЦЫ

Почвы засоленного ряда, и в особенности солонцы, имеют на Орь-Кумакском междуречье весьма широкое распространение. Они (см. рис. 11) вместе с сильносолонцеватыми темно-каштановыми почвами преобладают, занимая плоские водораздельные пространства, пологие склоны к долинам рек и балкам и плоские пониженные участки равнин.

Главной особенностью большинства их является то, что они не проходили гидрогенной стадии почвообразования, возникли и развились в условиях глубокого залегания грунтовых вод, без связи с ними. Солончики и солонцы, прошедшие гидрогенную стадию почвообразования на территории Орь-Кумакского водораздела, имеют весьма ограниченное

распространение, поэтому при описании почв мы обращаем внимание главным образом на автоморфные солонцы плакоров, имеющие наиболее широкое распространение.

Глубокостолбчатые и глубокопризматические солонцы

Эти солонцы имеют более широкое распространение среди других солонцов и могут быть охарактеризованы следующими разрезами:

Разрез 101. Заложен в 3 км на ю.-в. от фермы совх. Акжарского, в верховьях р. Кумак. Пологовозвышенная равнина, с хорошо выраженным мезорельефом. Система плоских и пологовыпуклых возвышенностей (фон) чередуется с плоскими и пологовогнутыми понижениями с разницей высот не более 1,0—1,5 м. На этом фоне выделяются округлые вытянутые бугры, приуроченные к выходам кварцевых жил, почти сплошь выстланные кварцевым хрящом. Последний широко разнесен по прилегающим участкам равнины.

Растительность: *Festuca sulcata* sp., *Koeleria gracilis* sp.-*spp.*, *Artemisia nitrosa* cop., *Limonium gmelinii* sol., *Achillea nobilis* sol., *Kochia prostrata* sol.

Проективное покрытие почвы 50%; на поверхности почвы много кварцевого хряща. Вскапает почва от HCl с 30 до 45 см, выделений карбонатов нет, выделения сульфатов с 22 до 30 см.

A 0—10 см	Свежий, плотноватый, пористый, серой окраски с коричневым оттенком, легкосуглинистый, плитчато-листоватого сложения, распадается на порошковатую массу.
B ₁ 10—21 см	Свежий, уплотненный коричневато-серой окраски, среднесуглинистый, крупнокомковатой структуры. Местами в него проникают прожилки сульфатов (признаки вторичного засоления).
B ₁ 20—30 см	То же, что и предыдущий, с прожилками и пятнами мучнистого гипса, выламывается глыбами и призмами, распадающимися на крупно-плоскокомковатые отдельности.
B ₂ 30—45 см	Влажный, слабоуплотненный, коричневато-бурой окраски, среднесуглинистый, выламывается крупными комками и глыбами, легко распадающимися на рыхлокомковатые отдельности.
C 45—80 см	Влажный, плотноватый, тонкопористый, желтовато-бурой окраски, пылеватый, легкий суглинок, распадается на рыхлокомковато-порошковатую массу.
D 80—130 см	Влажная, рыхлая пестроцветная современная кора выветривания, легкосуглинистого состава, которая ниже 110 см переходит в пестроцветный элювий кристаллической породы, не потерявший своей первоначальной текстуры и строения.

Почва — глубокопризматический солонец, вторично засоляющийся, развитый на элювии кристаллических сланцев силурийской системы. Эта почва занимает около 70% всей территории равнины, а остальные 30% приходятся на темно-каштановые солонцевато-осоледелые почвы микрозападин и примитивные засоленные почвы бугров.

Разрез 93. Заложен в 2,5 км на запад от города Ясного, на повышенной равнине, с выраженным пологоволнистым мезорельефом — чередование плоских и пологовыпуклых возвышений с плоскими и пологовогнутыми понижениями с разницей высот около 1,5—2 м. Разрез заложен на плоском повышенном участке, покрытом сильно изреженной растительностью (проектная плотность 50—45%), состоящей из следующих видов: *Stipa capillata* sp., *Festuca sulcata* sp.-*spp.*, *Linosyris villosa* cop., *Achillea nobilis* sp., *Galium ruthenicum* sol., редкие кусты *Spiraea*.

Вскапает почва от HCl с 18 см, выделений карбонатов и сульфатов нет.	
A 0—(12—15) см	Сухой, рыхлый, светло-серовато-палевою окраски, очень легкосуглинистый, неравномерной мощности, рыхлокомковато-мучнистый структуры. В нижней части заметно светлее (палево-белесый), листоватого сложения, ясно образующийся из верхней части горизонта B ₁ .
B ₁ (12—15)—21 см	Свежий, сильно уплотненный, серовато-коричневой и темно-коричневой окраски, с глянцем на изломе, тяжелосуглинистый, прочнопромковатой структуры.
B ₂ 21—30 см	Влажный, слабоуплотненный, тонкопористый, коричневато-красно-бурой окраски, среднесуглинистый, рыхлокомковато-пороховидной структуры.
BC 30—60 см	Свежий, плотноватый, пористый, красно-бурой окраски, легкосуглинистый, рыхлокомковато-пылеватой структуры.
C 60—100 см	Слабовлажный, рыхлый, красно-бурой окраски, пылеватый легкий суглинок, рыхлокомковато-пылеватой структуры.
D 100—130 см	Влажный, плотноватый, пестроцветный элювий коренных кристаллических пород — чередование желтовато-бурого, светло-желтого и красно-бурового тонов, пылеватой супеси.

Почва — глубококомковатый солонец, развитый на элювии гнейсогранитов.

В мезопонижениях развиты темно-каштановые солонцевато-осололедные почвы, занимающие около 30—40% от всей площади.

В табл. 12, 13, 14, 15 приводим содержание гумуса по Тюрину, водорастворимых веществ и состав обменных оснований в глубоких солонцах. Обращает на себя внимание тот факт, что в почвах разреза 93 и верхнем горизонте А содержится меньше гумуса, чем в нижележащем горизонте B_1 . Этот факт надо объяснить, видимо, тем, что из верхних горизонтов в процессе их осолождения идет интенсивный вынос растворимого гумуса, осаждающегося в горизонте B_1 , при более интенсивном процессе минерализации гумуса в верхнем горизонте А и крайне замедленном в горизонте B_1 . Этому способствует относительно благоприятный водно-воздушный режим верхнего горизонта солонцов и неблагоприятный в горизонте B_1 .

Таблица 12

Содержание гумуса в глубоких солонцах

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Гумус, %
Разрез 101		
A	0—10	3,36
B_1	10—20	2,24
B_1	20—30	0,82
Разрез 93		
A	0—10	2,16
B_1	12—21	2,76
B_2	21—30	1,38

Данные табл. 13 показывают, что глубокостолбчатые солонцы Орь-Кумакского водораздела содержат повышенное количество хлоридов уже в иллювиальном горизонте B_1 . Максимум легкорастворимых солей, и особенно сульфатов, находится в горизонте B_2 .

Породы, подстилающие почву (элювий различных коренных пород), содержат относительно невысокое количество легкорастворимых солей. Повышенное количество хлоридов в иллювиальном горизонте B_1 и даже в горизонте А делает описанные глубокостолбчатые солонцы похожими на солонцы более южных областей, испытывающих вторичное засоление, в связи с поднятием уровня грунтовых вод. Однако это сходство является чисто внешним, не отражает существа общезвестного явления вторичного засоления почв.

Описываемые солонцы, как уже отмечалось ранее, никогда не переживали гидрогенной стадии почвообразования. Соли, скопленные в них, имеют автохтонное происхождение, возникли в процессе выветривания исходных пород в процессе почвообразования. Поэтому вероятнее всего полагать, что в описанных солонцах соли в процессе их накопления в почве, и в особенности хлориды, в значительном своем количестве пульсируют по почвенному профилю по годам и по сезонам, в зависимости от изменения увлажнения почвы и характера развития растительного покрова. Максимум же их почти всегда соответствует средней части почвенного профиля — глубине максимального расходования влаги на десикацию.

Приведенные солевые профили глубокостолбчатых солонцов Орь-Кумакского водораздела отражают обычно особенности водно-солевого режима почв, складывающегося на плакорах при данных биологических условиях, данном характере материнских почвообразующих пород и на данной стадии развития почв.

Таблица 13

**Содержание воднорастворимых веществ в глубоких солонцах, %/мг·экв
на 100 г почвы**

Гори- зонт	Глубина взятия образца, см	Сухой остаток	Щелочность		Cl'	SO ₄ ''	Ca''	Mg''	Na' + K' по раз- ности
			CO ₃ ''	HCO ₃ ''					
Разрез 93									
A	0—10	0,037	Нет	0,006 0,1	0,007 0,2	0,004 0,1	0,004 0,2	0,002 0,2	0,000 0,0
B ₁	12—21	0,302	То же	0,039 0,6	0,094 2,7	0,039 0,8	0,012 0,6	0,008 0,7	0,066 2,8
B ₂	21—30	1,316	"	0,016 0,3	0,122 3,5	0,774 16,1	0,262 13,1	0,036 3,0	0,087 3,8
BC	40—50	1,271	"	0,012 0,2	0,085 2,4	0,851 17,7	0,298 14,9	0,065 5,5	0,000 0,0
Д	120—130	0,178	"	0,017 0,3	0,104 3,0	0,019 0,4	0,013 0,6	0,014 1,2	0,045 1,9
Разрез 101									
A	0—10	0,0174	Нет	0,015 0,3	0,012 0,2	0,002 0,0	0,005 0,3	0,003 0,3	0,000 0,0
B ₁	10—20	0,216	То же	0,010 0,2	0,056 1,6	0,023 0,5	0,016 0,8	0,002 0,2	0,029 1,3
B ₁	20—30	0,700	"	0,015 0,3	0,137 3,9	0,331 6,9	0,112 5,6	0,032 2,7	0,068 2,8
B ₂	35—45	0,210	"	0,010 0,2	0,126 3,6	0,010 0,2	0,018 0,9	0,016 1,3	0,041 1,8
C	60—70	0,389	"	0,007 0,1	0,231 6,6	0,023 0,5	0,020 1,1	0,028 2,3	0,087 3,8
Д	120—130	0,146	"	0,007 0,1	0,095 2,7	0,006 0,1	0,008 0,4	0,017 1,4	0,026 1,1

Таблица 14

**Состав обменных оснований по Гедройцу в глубоких солонцах, мг·экв
на 100 г почвы**

№ раз- резов	Гори- зонт	Глубина взятия образца, см	Ca''	Mg''	Na'	Сумма Ca''+Mg''+ Na'	От суммы, %		
							Ca''	Mg''	Na'
93	A	0—10	0,210 10,6	0,030 2,5	0,126 5,5	0,366 18,6	57,0	13,4	29,6
		12—21	0,380 19,3	0,113 9,4	0,222 9,7	0,715 38,4	50,6	24,0	25,4
	B ₁	0—10	0,116 8,0	0,024 2,0	0,032 1,4	0,172 11,4	70,2	17,5	12,3
		11—20	0,180 8,8	0,065 5,2	0,104 4,5	0,349 18,5	47,5	28,1	24,4
101									

Данные табл. 14 показывают резкую дифференциацию солонцов по составу и общему содержанию обменных оснований на генетические горизонты. При этом отмечается относительно повышенное содержание обменных оснований в горизонтах B₁ разреза 93. Последнее связано с повышенным содержанием гумуса в горизонтах B₁ этих солонцов, с некоторой близостью их к темно-каштановым сильносолонцеватым почвам.

Корковые солонцы

Разрез 47. Заложен на плоской равнине Орь-Кумакского водораздела с хорошо выраженным микрорельефом в виде бугров (сурчины выбросов) и едва заметных понижений на общем фоне равнины, покрытой типчаково-ковылковой ассоциацией, развиты темно-каштановые среднеэродированные солонцеватые почвы, занимающие около 65% территории. Остальная часть территории покрыта примитивными почвами бугров (около 5%). Разрез заложен в микрозападинке с сильно изреженной растительностью, состоящей из следующих видов: *Artemisia pauciflora* сор. и *Camphorosma monspeliacum* sp.

Вскапает почва от HCl с 12 до 34 см, выделение карбонатов с 12 до 34 см, выделение сульфатов с 34 до 100 см.

B ₁ 0—12 см	Сильно влажный, сильно уплотненный, красновато-коричневой окраски, тяжелосуглинистый, выламывается прочными глыбами.
B ₂ 12—34 см	Свежий, уплотненный, красно-буровой окраски, тяжелосуглинистый, непрочной призматической структуры, с обильной белоглазкой карбонатов.
C 34—56 см	Свежий, плотноватый, охристой окраски, среднесуглинистый, непрочной комковатой структуры, с друзьями и крупными пятнами гипса.
D 56—100 см	Слабовлажная, пестроцветная кора выветривания, фон охристый, с участками светло-серыми и сизоватыми, с пятнами и конкрециями черными, тяжелосуглинистый, с друзьями гипса. Корковый эродированный солонец (местами сохранился у него горизонт А, мощностью 1—2 см, серовато-коричневой окраски, бесструктурный).

Разрез 88. Заложен на дороге от пос. Кумака на совх. Адамовский, на плоской водоизделий равнине около 4 км от ключа Джабыга). На общем фоне равнины выделяются бугры 3—5 м высотою, вытянутые с с.-в. на ю.-з., с выходами на поверхность кристаллических пород. На общем фоне равнины растительность комплексная. Преобладает изреженная типчаково-полынная ассоциация, под которой развиты корковые и глубокие солонцы. На этом фоне растительности выделяются пятна, покрытые *Artemisia nitrosa* сор., *Artemisia pauciflora* сор., *Atropis distans* sp., *Festuca silvatica* sp., *Camphorosma monspeliacum* sp.-sol.

Разрез вырыт на черной полыни. Вскапает почва от HCl с 10 до 36 см, выделений карбонатов нет, выделения сульфатов с 36 до 96 см.

A 0—1 см	Сухой, плотный, пористый, палево-коричневой окраски, бесструктурный.
B ₁ 1—10 см	Влажный, сильно уплотненный, светло-коричневой окраски, глинистый, глыбисто-комковатой структуры.
B ₂ 10—36 см	Влажный, уплотненный, сначала до 20 см, буровато-светло-коричневой, а глубже бурой окраски, глинистый, выламывается глыбами, с трудом распадающимися на комковато-пороховидные отдельности.
C 36—96 см	Влажная, плотная, красно-бурая глина, с большим количеством друз гипса, мелкозернистой структуры.
СД 96—106 см	Влажная, плотная, желтовато-светло-бурая глина, с редкими друзьями гипса.

Почва — корковый комковатый солонец, развитый на элювии кристаллических пород.

Данные табл. 15 показывают заметно более сильную засоленность корковых солонцов легкорастворимыми солями, чем глубоких солонцов. Солевой профиль их очень растянут за счет выделения солей в более высоких и в более глубоких горизонтах почвы. Так же как в глубоких солонцах, мы здесь наблюдаем то преобладание хлоридно-сульфатно-натриевого, то сульфатно-хлориднонатриевого засоления, часто на фоне скопления большого количества гипса; так же и в глубоких солонцах, в корковых солонцах наблюдаются признаки вторичного засоления — некоторый подъем солей, особенно хлоридов, в солонцовый горизонт B₁.

Судя по тому, что корковые солонцы встречаются большей частью в комплексе с глубокими солонцами на одних и тех же породах, но на разных элементах микро- и мезорельефа, различие в солевых профилях между этими почвами связано с изменением водного режима и растительного покрова по элементам микро- и мезорельефа, оказывающих огромное влияние на солевой режим почв. Микро- и мезорельеф перераспределяют поверхностный сток воды, а растительный покров регулирует ее расход на испарение с поверхности почвы и десекцию.

Таблица 15

Содержание воднорастворимых веществ в корковых солонцах, %/мг·экв
на 100 г почвы

Гори- зонт	Глубина взятия образца, см	Сухой остаток	Щелочность		Cl'	SO ₄ '	Ca''	Mg''	Na' + K' по раз- ности
			CO ₃ '	HCO ₃ '					
Разрез 47									
B ₁	0—10	—	Нет	0,025 0,4	0,011 0,3	0,014 0,3	0,006 0,3	0,001 0,1	0,014 0,6
C	35—45	0,797	То же	0,011 0,2	0,190 5,4	0,314 6,5	0,081 4,1	0,026 2,2	0,280 5,8
D	70—80	0,760	.	0,009 0,2	0,170 4,9	0,299 6,2	0,056 2,8	0,021 1,8	0,155 6,7
Разрез 88									
B ₁	0—9	0,249	Нет	0,064 0,9	0,028 0,8	0,005 0,1	0,062 0,3	0,002 0,2	0,028 1,3
B ₂	12—22	0,274	0,001 0,0	0,061 1,0	0,234 6,6	0,021 0,4	0,008 0,4	0,003 0,3	0,170 7,4
BC	40—50	0,424	Нет	0,035 0,6	0,245 7,1	0,063 1,3	0,009 0,5	0,005 0,5	0,185 8,0
CD	96—106	0,575	То же	0,010 0,2	0,266 7,6	0,105 2,2	0,010 0,5	0,008 0,7	0,201 8,8

О ГЕНЕЗИСЕ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОРЬ-КУМАКСКОГО ВОДОРАЗДЕЛА

Изложенные данные и наблюдения о почвах Орь-Кумакского водораздела дают нам достаточный материал для суждения о генезисе почв и всего почвенного покрова Орь-Кумакского водораздела.

Несмотря на весьма значительный абсолютный возраст почвообразования темно-каштановых маломощных щебенчатых почв «останцовых» возвышенностей, они являются стадийно молодыми недоразвитыми почвами. Последнее связано с тем, что весьма медленно протекающие здесь процессы выветривания и почвообразования на плотных кристаллических породах все время омолаживаются интенсивно протекающими процессами ветровой и водной эрозии. По этой причине участки плато, сложенные плотными кристаллическими породами, хотя и медленнее снижаются процессами денудации, но все же они выше, чем господствующая территория, сложенная породами более податливыми.

Темно-каштановые суглинистые и супесчаные слабоэродированные и неэродированные почвы развиты на участках, слабо подверженных ветровой и водной эрозии, на породах, при выветривании которых образуется мало легкорастворимых солей, которые при установившемся полупромывном водном режиме (промывном во влажные годы и непромувном в сухие) и хорошей водопроницаемости почв выносятся из почвенного профиля. Эти почвы близки к типичным темно-каштановым почвам своей подзоны, но к сожалению, имеют весьма ограниченное распространение.

Как уже было отмечено ранее, наибольшее распространение на Орь-Кумакском водоразделе получили темно-каштановые средне- и сильно-эродированные солонцеватые почвы. Вместе с солонцами, с которыми они комплексируются, они занимают преобладающую часть территории

Орь-Кумакского водораздела, располагаясь на плоских и выпуклых участках водораздела и на пологих склонах к долинам рек.

Климатические условия территории (количество тепла и влаги, их соотношение) вполне благоприятны для произрастания степной растительности (ковылково-типчаковой степи) и образования темно-каштановых почв. Однако, как известно, развитие почв на коренных породах (на маломощном элювии коренных пород) неизбежно связано с тем, что на относительно молодых стадиях своего развития они несут в своих свойствах и чертах строения определенное влияние исходных пород. Поэтому эту стадию почвообразования мы называем литогенной. Она приравняна прочих условиях тем ярче проявляется и тем дольше существует, чем богаче или, наоборот, чем беднее по минералогическому составу исходные породы.

Развитие почв на коренных породах, в процессе выветривания которых образуется повышенное количество легкорастворимых солей, неизбежно приводит к тому, что литогенная стадия почвообразования на этих породах сопровождается некоторым засолением почв. При одном и том же количестве образующихся легкорастворимых солей эта стадия тем ярче выражена и тем длительнее, чем суще и континентальнее климат. Процессы ветровой и водной плоскостной эрозии усиливают процесс засоления почв и сильно растягивают литогенную стадию их засоления. Обедняя почвы питательными веществами, они вызывают изреживание растительного покрова, а в связи с этим сильно возрастает потеря почвенной воды на испарение ее с поверхности почвы и сокращается расход ее на десiccацию. В свою очередь это обусловливает прогрессивное накопление растворимых солей в подгумусовых горизонтах почвы, частичное периодическое появление их в верхних гумусовых горизонтах, развитие солонцового процесса, ухудшение водно-физических свойств почв, дальнейшее ухудшение условий для произрастания растительности и усиления эрозии.

В результате устанавливается непромывной режим почв, при котором все больше и больше накапливается растворимых солей в профиле и создаются благоприятные условия для перераспределения их в почвах по элементам микро- и мезорельефа, при неравномерном расходовании на испарение и десiccацию периодически возникающей подвешенной воды. Так создается описанная ранее пестрота и комплексность растительного и почвенного покровов.

При малой мощности элювия коренных пород и плотности последних после обильных ливней периодически могут возникать верховодки, которые, медленно передвигаясь по поверхности плотных пород в нижнем слое элювия, обусловливают перераспределение солей в почвах по элементам мезорельефа, что еще больше усиливает пестроту — комплексность почвенного покрова. Обильное скопление хряща и камней на поверхности эродированных почв, часто сплошь выстилающих почву, со временем замедляет ветровую и водную эрозию. С другой стороны, обильное скопление хряща и камней на поверхности эродированных почв, при весьма рассеянном их содержании в исходных породах, говорит о весьма длительном процессе ветровой и водной плоскостной эрозии, протекающем на Орь-Кумакском водоразделе.

Из всех рассмотренных почв Орь-Кумакского водораздела только темно-каштановые слабоэродированные и неэродированная почвы являются более или менее типичными зональными, близкими к генетическому типу почвы, понимаемому нами как высшая форма почвенных образований. При этом темно-каштановые маломощные щебенчатые почвы знаменуют собой одну из молодых литогенных стадий почвообразования на плотных породах, на которой онидерживаются весьма дли-

тельный промежуток времени по причине интенсивной ветровой и плоскостной водной эрозии и медленного выветривания плотных кристаллических пород.

Темно-каштановые средне- и сильноэродированные солонцеватые почвы характеризуют собой интразональные почвы литогенной стадии развития засоленных почв, резко выраженной и чрезвычайно затянувшейся при данных условиях климата и минералогическом составе исходных пород в результате интенсивно протекающих процессов ветровой и водной плоскостной эрозии.

Автоморфные глубокие и корковые эродированные солонцы, комплексирующиеся с солонцеватыми эродированными каштановыми почвами, характеризуют собой интразональные литогенные почвы, уклонившиеся от общей линии развития зональных почв в результате все тех же процессов эрозии и пространственных взаимодействий между почвами, возникающими при сложившихся условиях почвообразования.

Темно-каштановые западинные, темноцветные западинные осолоделые и солиды являются интразональными почвами потому, что основные факторы формирования зональности почв — тепло и влага, их соотношение, характерные для данной подзоны, здесь нарушаются дополнительным притоком влаги со стороны. Они находятся на разных стадиях своего развития — от гидрогенных к зональному автотрофному.

После изложенного становится понятным генезис всего почвенного покрова описываемой территории, своеобразие его зональной структуры и зональной принадлежности.

Поскольку описываемая территория сухой степи на севере непосредственно примыкает к подзоне южных черноземов и в почвенном покрове ее часто встречаются типичные темно-каштановые почвы и широко распространены темно-каштановые эродированные солонцеватые почвы, то в целом ее можно отнести к подзоне темно-каштановых почв, которой отвечают в общих чертах и климатические условия этой территории. Вместе с этим, поскольку на описываемой территории преобладают комплексы солонцеватых почв с солонцами, она является нетипичной для подзоны темно-каштановых почв. Но эти комплексы сильно отличаются габитусом и свойствами входящих в них почв от солонцовых комплексов сухих степей подзоны светло-каштановых почв.

По этой причине правильнее будет сказать, что описываемая территория в почвенном отношении в системе почвенных зон нашей страны занимает свое особое место. Она лежит в пределах подзоны темно-каштановых почв, но характеризует собой особую южноуральскую (Орь-Кумакскую) почвенную провинцию, характерную своеобразными почвенными комплексами солонцеватых эродированных темно-каштановых почв и солонцов. Состав, свойства и зональная структура почвенного покрова этой провинции определяются комплексом почвообразующих факторов, среди которых особую роль играют континентальность климата, процессы ветровой и водной эрозии, минералогический состав исходных пород и восходящие движения земной коры.

Зональная структура почвенного покрова данной почвенной провинции характеризуется преобладающим развитием стадийно молодых интразональных почв и слабым развитием (принимающим небольшое участие в почвенном покрове) типичных зональных почв, близких к генетическому типу в нашем понимании.

ГЛАВА VI

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

В геоботаническом отношении территория Орь-Кумакского водоразделя входит в подзону сухих типчаково-ковыльных степей.¹

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ

На обширных пространствах озерно-аллювиальных и денудационных равнин господствуют разнотравно-красноковыльные, типчаково-ковыльные и ксерофитно-разнотравно-типчаково-ковыльковые степи и их эдафические варианты. На щебнистых разновидностях темно-каштановых и каштановых среднемощных и маломощных почв красноковыльные и ковыльковые степи замещаются петрофитно-типчаковыми и петрофитно-тырсовыми степями. Места дополнительного увлажнения (лога, понижения, шлейфы в нижней части склонов) заняты узкоковыльниками на западе Орь-Кумакского водоразделя и мезофитно-тырсовыми степями по всему исследованному району; с почвами более легкого механического состава связаны псаммофитно-тырсовые степи.

Значительная часть территории засоленных приречных и водораздельных равнин имеет комплексный растительный покров, отличающийся большой пестротой и сложностью. Галолитогенные комплексы с преобладанием степных, пустынно-степных и пустынных омброфитов, развитые на темно-каштановых сильносолонцеватых почвах, в различной степени эродированных и автоморфных солонцах, в значительной степени затушевывают зональные черты растительного покрова. В долинах рек и соленых балок, в бессточных слабодренируемых понижениях встречаются галогидрогенные комплексы с участием сочносолянковых трихогидрофитов и однолетнесолянковых фреатофитов на гидроморфных солонцах.

ОСНОВНЫЕ СТЕПНЫЕ ФОРМАЦИИ И ТИПЫ КОМПЛЕКСОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Формация красноковыльных степей (*Stipeta rubentis*) относится к настоящим (типовым) степям, представляя их более северную разновидность. В пределах Орь-Кумакского водоразделя красноковыльники занимают сравнительно большие площади в плакорных условиях на Можаровском, Ащебутакском и Иссиргужинском гранитных массивах с зональными темно-каштановыми суглинистыми почва-

¹ Геоботаническая карта СССР м. 1:4 000 000. Под ред. Е. М. Лавренко и В. Б. Сочавы. Изд. АН СССР, 1956.

ми, а также встречаются по понижениям среди типчаково-ковылковых степей в восточной части района. Представлены единственным классом ассоциации разнотравно-красноковыльных степей (*Stipeta rubentis herbosa s. l.*) с одноименной группой ассоциаций.²

Плакорной ассоциацией является разнотравно-красноковыльная (*Stipa rubens+Herbae stepposae*) ассоциация. Она характеризуется большой видовой насыщенностью, а также сложной структурой и синузиальностью, что находит свое конкретное выражение в смене аспектов и ярусности. В состав отдельных сообществ разнотравно-красноковыльной ассоциации в среднем входит до 36 видов. Травостой сомкнутый. Общее проективное покрытие составляет 85%, истинное — 65%. Основной структурной единицей сообществ является эдификаторная синузия плотнокрупнодерновинных злаков из *Stipa rubens*. На долю этой синузии приходится 60—65% проективного покрытия травостоя. Эдификатор синузии мезоксерофил *Stipa rubens* в конце мая — начале июня дает аспект в стадии цветения и плодоношения. В эту синузию входит еще в качестве небольшой примеси евриксерофил *Stipa capillata*, иногда в отдельных экологических вариантах этой ассоциации образующий самостоятельную синузию. Другой синузией, получающей в разнотравно-красноковыльных степях заметное развитие, является синузия плотномелкодерновинных злаков из степных эвриксерофилов *Festuca sulcata* и *Koeleria gracilis*.

Синузии осок, рыхлодерновинных и корневищных злаков структурно не выражены, хотя как жизненные формы они представлены во всех сообществах. Весьма разнообразна в видовом отношении синузия длительно вегетирующих травянистых многолетников, насчитывающая в общей сложности 34 вида. Эколого-фитоценотический анализ видового состава этой синузии показывает преобладание степных, каменисто-степных мезоксерофилов, эвксерофилов и эвриксерофилов (62%). Из разнотравья постоянно присутствуют *Galium ruthenicum*, *Jurinea multiflora*, *Medicago romanica*, *Veronica incana*, *Artemisia dracunculus* и др. Все остальные ассоциации, входящие в группу ассоциаций разнотравно красноковыльных степей, представляют экологические варианты разнотравно-красноковыльной ассоциации. Они связаны с условиями местообитания, несколько отличными от типично плакорных. Обшим отличием этих ассоциаций от основной плакорной является некоторое изменение в соотношении эколого-фитоценотических групп, главным образом за счет увеличения видов — индикаторов соответствующих почв. Однако эти изменения не столь значительны и не выводят рассматриваемые ассоциации за рамки единого таксона — группы ассоциаций разнотравно-красноковыльных степей. Взаимоотношения ассоциаций разнотравно-красноковыльных степей можно проиллюстрировать с помощью схемы эколого-фитоценотических рядов (табл. 16).

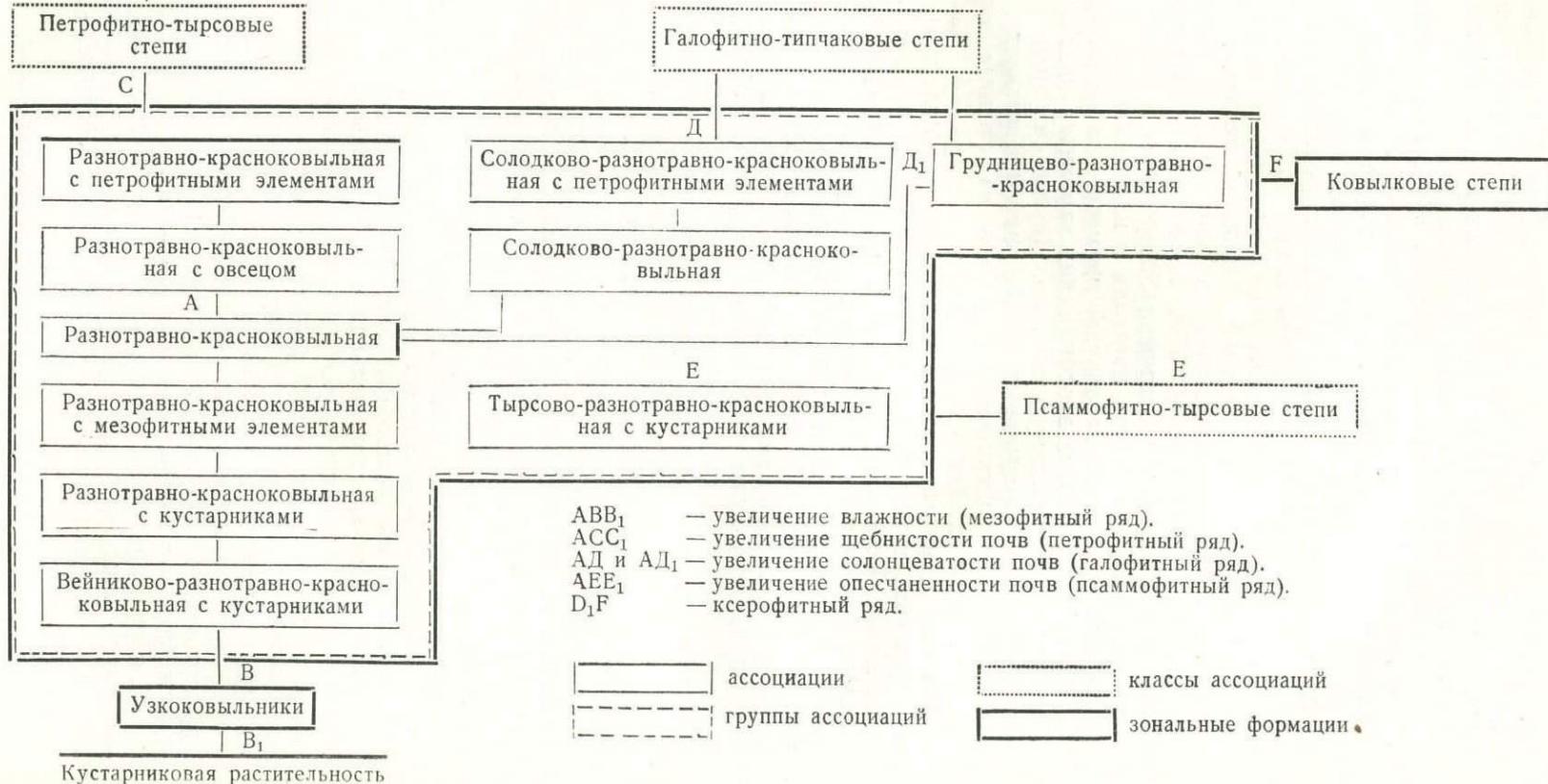
Разнотравно-красноковыльная с мезофильными элементами (*Stipa rubens+Herbae stepposae [+Herbae mesophyticae]*), разнотравно-красноковыльная с кустарниками ([*Caragana frutex-*] *Stipa rubens+Herbae stepposae*), вейниково-разнотравно-красноковыльная с кустарниками ([*Caragana frutex-*] *Stipa rubens+Herbae stepposae+Calamagrostis epigeios*) ассоциации представляют мезофитные варианты разнотравно-красноковыльных степей. Эти ассоциации встречаются по небольшим понижениям и в нижних частях склонов увалов с более увлажненными темно-каштановыми суглинистыми почвами (мезофитный ряд АВ). Для всех отмеченных ассоциаций характерна большая примесь лугово-степных ксеромезофилов, мезоксерофилов, в меньшей степени луговых эвме-

² Латинские названия растений приведены по «Флоре СССР».

Таблица 16

Схема эколого-фитоценотических рядов групп ассоциаций разнотравно-красноковыльных степей и эдафически замещающих ее классов ассоциаций и формаций

Разреженные группировки петрофилов
C₁



зофилов. Из мезофильных элементов обычны *Phleum phleoides*, *Calamagrostis epigeios*, *Filipendula hexapetala*, *Sanguisorba officinalis*, *Thalictrum minus* и др.

По небольшим понижениям в средней части склонов или на пологих склонах с несколько щебнистыми темно-каштановыми почвами встречаются петрофитные варианты разнотравно-красноковыльных степей: разнотравно-красноковыльная с овсецом (*Stipa rubens+Herbae stepposae* [+*Helictotrichon desertorum*]) и разнотравно-красноковыльная с петрофильными элементами (*Stipa rubens+Herbae stepposae* [+*Herbae petrophyticae*]) ассоциации, образующие петрофитный ряд АС. Для первой ассоциации характерно участие *Helictotrichon desertorum* для второй — *Potentilla glaucescens*, *Centaurea sibirica*, *Onosma simplicissimum* и др. При дальнейшем увеличении щебнистости почв красноковыльники сменяются петрофитно-тырсовыми или петрофитно-типчаковыми степями (табл. 16).

Вблизи долин рек Орь и Кумак на пологих склонах увалов с темно-каштановыми легкосуглинистыми почвами встречается тырсово-разнотравно-красноковыльная с кустарниками ([*Caragana frutex*] *Stipa rubens+Herbae stepposae+Stipa capillata*) ассоциация. Эта ассоциация представляет псаммофитный вариант разнотравно-красноковыльных степей (ряд АЕ) и при дальнейшем увеличении опесченности почв сменяется псаммофитно-тырсовыми степями.

Галофитные варианты разнотравно-красноковыльных степей приурочены к темно-каштановым солонцеватым суглинистым почвам в области развития гибридных пород, контактирующих с гранитами. Наибольшую фитоценотическую роль из галофитного разнотравья играют *Glycyrrhiza glabra* в солодково-разнотравно-красноковыльной (*Stipa rubens+Herbae stepposae+Glycyrrhiza glabra*) и солодково-разнотравно-красноковыльной с петрофильными элементами (*Stipa rubens+Herbae stepposae+Glycyrrhiza glabra* [+*Herbae petrophyticae*]) ассоциациях и *Linosyris villosa* в грудницео-разнотравно-красноковыльной (*Stipa rubens+Herbae stepposae+Linosyris villosa*) ассоциации (галофитные ряды АД и АД₁). Последняя ассоциация в этом ряду является наиболее галофитной и связана с галофитными группами ассоциаций ковылковых и типчаковых степей.

На этой же схеме представляется интересным наметить эколого-фитоценотические связи с классами ассоциаций и формациями, эдафически замещающими разнотравно-красноковыльные степи.

Формация ковылковых степей (*Stipeta lessingiana*) является также зональной в исследованном районе и по сравнению с предыдущей занимает обширную площадь на аккумулятивных и денудационных равнинах, на высоких террасах Ори и Кумака, на пологих склонах и в широких ложбинах мелкосопочников. Ковылковые степи приурочены к темно-каштановым суглинистым и супесчаным часто карбонатным почвам. Они представляют собой ксерофитную разновидность настоящих (типичных) степей (Ильина, 1964).

Эдификатором в этой формации является крупноплотнодерновинный эвксерофильный злак *Stipa lessingiana*. Ему постоянно сопутствует плотномелкодерновинный эвриксерофил *Festuca sulcata*, являющийся доминантом сообществ ковылковых степей. Разнотравье в видовом отношении отличается большим разнообразием, однако существенной фитоценотической роли в сообществах ковылковых степей не играет. Формация ковылковых степей характеризуется на примере двух основных групп ассоциаций типчаково-ковылковой и ксерофиторазнотравно-типчаково-ковылковой, относящихся к одному классу ассоциаций типчаково-ковылковых степей (*Stipeta lessingiana festucosa sulcatae*).

Группа ассоциаций типчаково-ковылковых степей (*Stipeta lessingiana+festucosa sulcatae*) развивается на темно-каштановых, преимущественно суглинистых слабокарбонатных почвах. На территории Орь-Кумакского водораздела эти степи распространены в западной части на обширной озерно-аллювиальной равнине в районе озера Джегутла. Широкими полосами они окаймляют долины крупных рек — Ори и Кумака. В центральных районах (район Соленых балок) ковылковые степи встречаются лишь небольшими островами, главным образом в сочетании с петрофитно- и галофитно-типчаковыми степями. В восточной части, на водоразделах рек Кайракты, Кукулькты, снова появляются большие массивы однородных типчаково-ковылковых степей.

Стержневой ассоциацией этой группы является типчаково-ковылковая (*Stipa lessingiana+Festuca sulcata*). В ней преобладают синузии плотнокрупнодерновинных и плотномелкодерновинных злаков из *Stipa lessingiana*, *S. capillata*, *Festuca sulcata* и *Koeleria gracilis*. Разнообразны синузии длительновегетирующих травянистых многолетников, представленные *Potentilla humifusa*, *Jurinea multiflora*, *Achillea nobilis* и др. Об исключительной ксерофитности травостоя ассоциации свидетельствует большой процент участия эвриксерофильных и эвксерофильных видов, доходящий почти до 50%. Общее проективное покрытие — 70%, на долю злаков приходится 50—60%, на долю разнотравья — 10—15%.

Описываемая группа ассоциаций, кроме основной плакорной ассоциации, представлена целым рядом экологически замещающих ее вариантов, выделение которых обусловлено наличием индикаторных (характерных) видов. С увеличением солонцеватости почв (табл. 17, ряд АВ) связано появление типчаково-ковылковой с полынью Шренка ассоциации (*Stipa lessingiana+Festuca sulcata [+Artemisia schrenkiana]*) и типчаково-ковылковой с селитряной полынью (*Stipa lessingiana+Festuca sulcata [+Artemisia nitrosa]*).³ Почвы под этими ассоциациями темно-каштановые с признаками солонцеватости в иллювиальном горизонте. Приурочены все ассоциации к небольшим микропонижениям на озерно-делювиальных равнинах. В травостое указанных ассоциаций участвуют в небольшой примеси галофитно-степные эвксерофильные полукустарнички *Artemisia schrenkiana* и *Artemisia nitrosa*. В разнотравье возрастает обилие эвксерофилов.

Петрофитный ряд (табл. 17, ряд АД) представлен несколькими вариантами типчаково-ковылковой ассоциации, которые можно расположить в один сукцессионный ряд по мере уменьшения мощности и увеличения щебнистости почв. Этот ряд составляют типчаково-ковылковая с овсецом пустынным (*Stipa lessingiana+Festuca sulcata [+Helicotrichon desertorum]*), типчаково-ковылковая с тимьянником (*Stipa lessingiana+Festuca sulcata [+Thymus marschallianus]*) и типчаково-ковылковая с петрофильными элементами (*Stipa lessingiana+Festuca sulcata [+Herbae petrophytcae]*) ассоциации. Петрофитные варианты типчаково-ковылковой ассоциации встречаются на плоских или слабонаклоненных участках денудационных равнин с близким залеганием коренных пород, а также на северных склонах увалов с выходами пород.

Переходной ассоциацией к следующему ряду является типчаково-ковылковая с петрофильными и мезофильными элементами (*Stipa lessingiana+Festuca sulcata [+Herbae petrophytcae+Herbae mesophytcae]*). Собственно мезофитный ряд (табл. 17, ряд АФ) представлен типчаково-ковылковой с мезофильными элементами (*Stipa lessingiana+Festuca sulcata [+Herbae mesophytcae]*) и типчаково-ковылковой с ковылем красным (*Stipa lessingiana+Festuca sulcata [+Stipa rubens]*).

³ Допускаются также и другие русские названия этого вида — азотистая полынь, нитрозовая полынь.

ассоциациями. Эти варианты широко распространены в районе, особенно на обширных озерно-аллювиальных равнинах, где встречаются по микропонижениям, по бортам широких западин, а также в некоторых ложбинах стока между невысокими увалами и сопками. Для них характерно значительное участие эвримезофильных видов *Calamagrostis epigeios*, *Achillea millefolium*.

К псаммофитному варианту типчаково-ковылковых степей (табл. 17, ряд АД) относится типчаково-ковылковая с псаммофильными элементами (*Stipa lessingiana*+*Festuca sulcata* [+*Herbae psammophyticae*]) ассоциация. Приуроченность к почвам более легкого механического состава выражается очень четко. Эта ассоциация развита на легкосуглинистых и супесчаных почвах высоких террас Ори, Кумака и более мелких рек. Из представителей псаммофильного разнотравья здесь встречаются: *Helichrysum arenarium*, *Euphorbia seguieriana*, *Onobrychis arenaria* и др.

Группа ассоциаций ксерофиторазнотравно-типчаково-ковылковых степей (*Stipeta lessingiana* *sulcatae festucoso-herbosa xerophyticae* S. L.) широко распространена в центральной части Зауральского пленена на водоразделах Соленых балок и на юго-востоке, в районе верхнего течения р. Кумак. Именно в ареале этой группы ассоциаций наиболее часто встречаются галофитные варианты степей и комплексы ассоциаций с участием пустынно-степных и пустынных галофитов. Растительные сообщества описываемой группы ассоциаций рассматриваются нами как ксерофитные варианты зональных типчаково-ковылковых степей, замещающих последние на темно-каштановых карбонатных эродированных, иногда солонцеватых почвах.

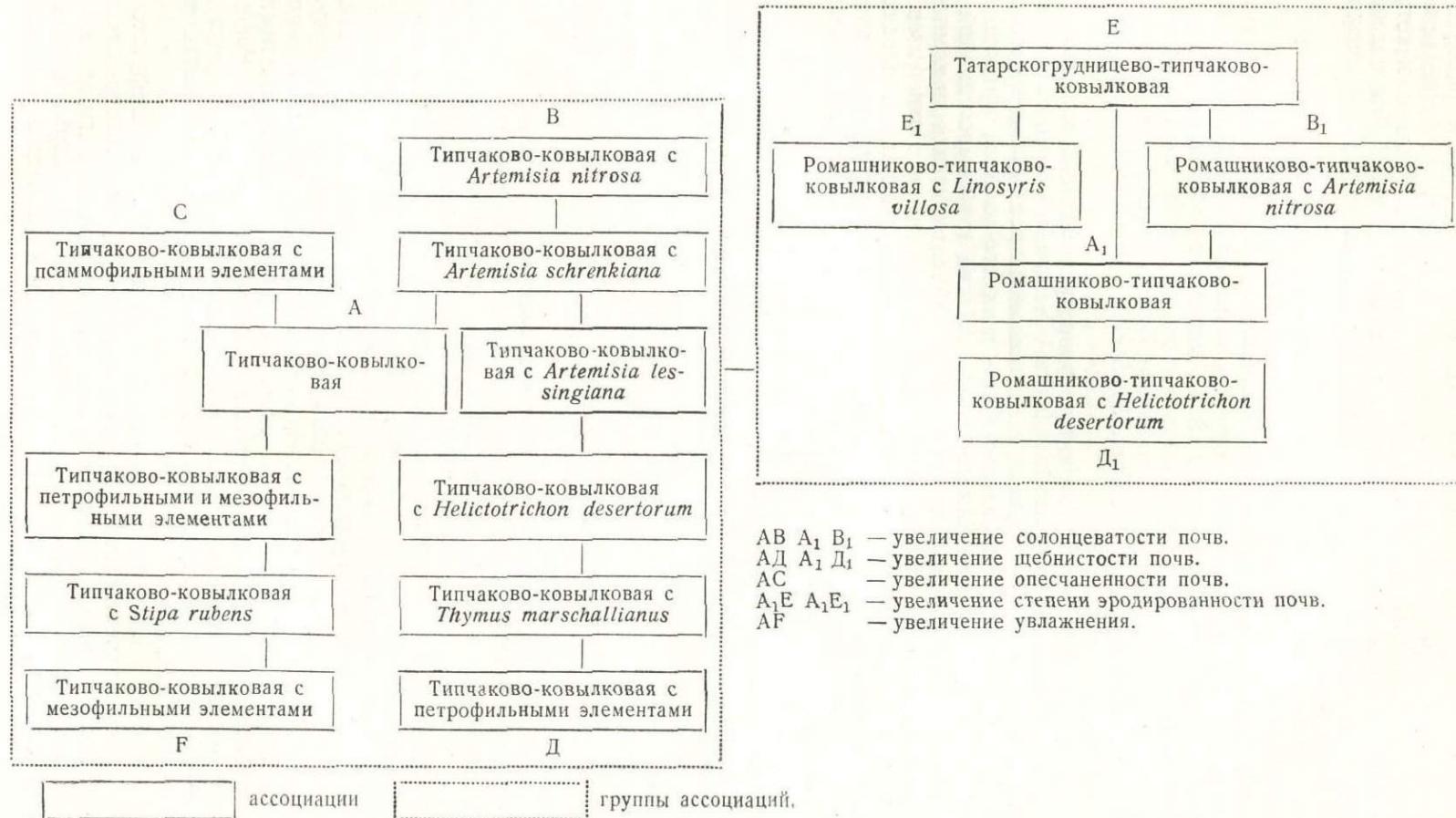
Основной ассоциацией этой группы является ромашниково-типчаково-ковылковая (*Stipa lessingiana*+*Festuca sulcata*+*Pyrethrum achilleifolium*) ассоциация. Растительные сообщества этой ассоциации являются наиболее распространенными среди ксерофиторазнотравно-типчаково-ковылковых степей и приурочены к плоским или слегка наклонным участкам плененов, где встречаются на темно-каштановых и каштановых карбонатных слабоэродированных суглинистых почвах. Отличается от ассоциаций предыдущей группы резко выраженной ксерофитизацией травостоя, меньшим проективным (55—60%) и истинным (25—30%) покрытием.

Ассоциация татарскогрудницео-типчаково-ковылковая (*Stipa lessingiana*+*Festuca sulcata*+*Linosyris tatarica*) встречается также по плоским участкам озерно-делювиальных и денудационных равнин и приурочена к темно-каштановым слабоэродированным, иногда солонцеватым почвам. Экологически она связана, по-видимому, с основной ассоциацией более всего по ряду увеличения степени эродированности почв. В качестве постоянного доминанта в указанной ассоциации выступает степной эвксерофил *Linosyris tatarica*, довольно обильно представлены *Pyrethrum achilleifolium*, *Linosyris villosa*, а из полукустарничков — *Artemisia nitrosa*, *Kochia prostrata*. Три другие ассоциации являются галофитным (табл. 17, ряды А₁С₁ и А₁В₁) и петрофитным (А₁Д₁) вариантами ромашниково-типчаково-ковылковой ассоциации. Взаимоотношения между всеми ассоциациями двух рассмотренных групп ассоциаций проиллюстрированы схемой эколого-фитоценотических рядов (см. табл. 17).

К формации ковылковых степей относятся также галофиторазнотравно-типчаково-ковылковая, галофитополукустарничково-типчаково-ковылковая, петрофитнозлаково-типчаково-ковылковая и псаммофитно-злаково-типчаково-ковылковая группы ассоциаций, экологически и фитоценотически очень сходные с аналогичными вариантами типчаково-ко-

Таблица 17

Эколого-фитоценотическая схема групп ассоциаций типчаково-ковылковых и ксерофиторазнотравно-типчаково-ковылковых степей



вылковой или ксерофитноразнотравно-типчаково-ковылковой групп ассоциаций. Лишь увеличение обилия тех или иных индикаторных видов, связанное с усилением эдафических факторов (эродированности почв, их засоления, изменения механического состава и мощности), приводит к становлению этих новых групп ассоциаций, связанных единым экологогенетическим рядом смен. Дальнейшее изменение соответствующих экологических условий ведет уже к смене эдификаторов.

Формация тырсовых степей (*Stipeta capillatae*) является эдафическим вариантом зональной степной растительности. Она замещает сообщества красноковылковых и ковылковых степей на почвах более легкого механического состава, на щебнистых почвах, а также в понижениях на темно-каштановых западинных почвах. Наибольшие массивы тырсовых степей встречаются на озерно-аллювиальных равнинах, высоких речных террасах, в обширных западинах и в местах выхода на поверхность легко разрушающихся, преимущественно незасоленных коренных пород (песчаников, гранитов). Эдификатором является длительновегетирующий плотнодерновинный эвриксерофил *Stipa capillata*. Соэдификатором выступает обычно *Festuca sulcata*.

Широкая экологическая амплитуда ковыля-волосатика обусловливает большое эколого-фитоценотическое разнообразие формируемых им сообществ. Выделяются 3 класса ассоциаций с определенным сочетанием индикаторных видов и групп ассоциаций. Наиболее распространенным классом являются мезофитно-тырсовые степи (*Stipeta capillatae herbosa mesophyticae*), представленные тремя группами ассоциаций: мезофитноразнотравно-тырсовой, мезоксерофитнозлаково-тырсовой и мезоксерофитнокустарниково-тырсовой, которые объединяют ряд ассоциаций. Они экологически связаны между собой и располагаются в один сукцессионный ряд смен по мере увеличения увлажнения почв. Для всех групп ассоциаций характерно большое участие по обилию ксеромезофилов — *Calamagrostis epigeios*, *Phleum phleoides* и др. Большая роль принадлежит также эври- и эвмесофилам, особенно они характерны для мезоксерофитнокустарниково-тырсовых степей. Наиболее часто из эвмесофилов и эвримезофилов встречаются *Rosa cinnamomea*, *Bromus inermis*, *Achillea millefolium*, *Sanguisorba officinalis* и др.

Для класса ассоциаций петрофитно-тырсовых степей (*Stipeta capillatae petrophyticae*) наиболее характерным является постоянное присутствие в сообществах группы петрофильных видов, составляющих ядро класса *Onosma simplicissimum*, *Scabiosa isetensis*, *Artemisia lessingiana*, *Centaurea sibirica*. Видами, также свойственными этому классу, являются некоторые псаммопетрофилы: *Spiraea hypericifolia*, *Ephedra distachya*, *Potentilla glaucescens*, *Artemisia marschalliana*. Петрофитно-тырсовые степи не занимают больших площадей на Орь-Кумакском водоразделе. Они встречаются по пологим склонам сопок и увалов на денудационных пенепленах и в мелкосопочниках при близком залегании к поверхности коренных пород, главным образом гранитов, грано-порфиритов, песчаников. Почвы под ними темно-каштановые среднемощные и мало-мощные щебнистые легкосуглинистые и супесчаные. Петрофитно-тырсовые степи представлены тремя группами ассоциаций — петрофитноразнотравно-типчаково-тырсовой, петрофитнополукустарничково-типчаково-тырсовой и петрофитнокустарниково-типчаково-тырсовой, — объединяющих 9 ассоциаций.

Псаммофитно-тырсовые степи (*Stipeta capillatae psammophyticae*) развиваются на супесчаных и легкосуглинистых темно-каштановых почвах. Наиболее обширные площади, занятые ассоциациями этого класса, сосредоточены в западной части Орь-Кумакского водораздела на озерно-аллювиальной равнине, а также на высоких террасах рек Орь и

Кумак. Неоднородность геоморфологических и почвенно-грунтовых условий в районах распространения этих ассоциаций обуславливает существование различных типов сочетаний и комплексов псаммофитно-тырсовых степей с галофитно-луговыми сообществами. Степи этого типа представлены тремя ассоциациями, из которых наиболее типична разнотравно-волоснецово-тырсовая (*Stipa capillata*+*Elymus giganteus*+*Herbae stepposae*).

Формации типчаковых степей (*Festuceta sulcatae*) занимают наибольшие площади на Орь-Кумакском водоразделе. Она образует основные эдафические варианты степной растительности, замещая зональные красноковыльные и ковылковые степи на маломощных, засоленных и эродированных почвах. Сообщества типчаковых степей чрезвычайно разнообразны и по эколого-фитоценотическим особенностям и по генезису, что затрудняет их классификацию. Мы выделяем 3 класса ассоциаций.

Петрофитно-типчаковые степи (*Festuca sulcatae petrophytcae*) связаны с маломощными и щебнистыми разностями темно-каштановых почв с близким залеганием к поверхности твердых кристаллических пород. Все сообщества этих степей экологически и генетически тесно-связаны между собой, образуя сукцессионный ряд по степени уменьшения мощности почв. Каждое звено этого ряда представляет определенную стадию развития растительности при формировании устойчивых (климаксовых) сообществ. Большинство сообществ петрофитно-типчаковых степей представляет собой длительно существующие серийные сообщества 2-го типа (Карамышева, 1963) или климаксы в фитоценотическом смысле (Лавренко, 1957). Петрофитно-типчаковые степи представлены 5 группами ассоциаций, отражающими одновременно общее направление развития жизненных форм на каменистых субстратах.

Группа ассоциаций петрофитнолишайниково-типчаковая (*Festuca sulcatae lichenosa petrosae*) является одной из первых стадий смен степной растительности на выходах гранитов. Она наиболее распространена в придолинных эрозионных мелкосопочниках. Для сообществ этой группы характерны выходы гранита на поверхность, причем в большинстве сообществ они занимают 50—75% площади. Почвы примитивно-аккумулятивные. Небольшой слой мелкозема имеется в микропонижениях и на ровных выходах гранита. В составе сообществ большую роль после-типчака играют петрофилы открытых группировок, лиофильные лишайники *Squamaria rubina*, *S. melanophthalma*. Относящиеся сюда ассоциации представляют собой серийные сообщества 1-го типа (Карамышева, 1963).

Группа ассоциаций петрофитнополукустарничково-типчаковых степей (*Festuca sulcata suffruticulosa petrophytcae*) имеет ограниченное распространение. Сообщества этой группы встречаются большей частью в мелкосопочниках, сложенных самыми различными по литологическому составу породами: щелочными гранитами, хлорито-серicitовыми сланцами, эфузивами. Они развиваются на маломощных и среднемаломощных фрагментарных почвах довольно крутых склонов сопок с близким залеганием коренных пород. Доминантой является эвксерофильный полукустарничек *Artemisia lessingiana*. На кислых гранитах развивается маршалловополынно-типчаковая ассоциация (*Festuca sulcata*+*Artemisia marschalliana*).

Группа ассоциаций петрофитноразнотравно-типчаковая (*Festuceta herbosa petrophytcae s. 1.*) отличается большим фитоценотическим разнообразием, что связано с литологическим составом пород. Ассоциации этой группы приурочены к темно-каштановым маломощным щебнистым

или фрагментарным среднемощным почвам. Индикаторными видами являются *Potentilla glaucescens* — доминант в сообществах на кислых гранитах и *Orostachys spinosa* — доминант на щелочных гранитах и ультраосновных породах.

Группа ассоциаций петрофитнокустарниково-типчаковая (*Festuceta fruticosa petrophytiae*) приурочена к склонам сопок и увалов с седловинами между вершинами увалов с темно-каштановыми маломощными щебнистыми почвами, без выходов на поверхность кристаллических пород.

Лапчатково-спирейно-тырсово-типчаковая ([*Spiraea hypericifolia*] — *Festuca sulcata*+*Stipa capillata*+*Potentilla glaucescens*) ассоциация связана с районами распространения гранитов; спирейно-ковылково-типчаковая с грудницей мохнатой ([*Spiraea hypericifolia*] *Festuca sulcata*+*Stipa lessingiana* [+*Linosyris villosa*]) ассоциация имеет более широкий экологический ареал. Для этих ассоциаций характерно наличие в качестве соэдификаторов в первом случае *Stipa capillata*, во втором — *Stipa lessingiana*. Присутствие помимо эдификатора и других видов, относящихся к зональным жизненным формам, способствует лучшему задернению почв.

Группа ассоциаций петрофитнозлаково-типчаковых степей (*Festuceta graminosa petrophytiae*) распространена на слабонаклонных участках денудационных пенепленов, на пологих склонах водоразделов, на делювиальных шлейфах. Почвы темно-каштановые, нормально развитые (мощностью 100 см), но щебнистые или темно-каштановые маломощные, часто эродированные. Наиболее характерны 3 ассоциации: тырсово-типчаковая с *Potentilla glaucescens* (*Festuca sulcata*+*Stipa capillata* [+*Potentilla glaucescens*]), лапчатково-овсцецово-типчаковая (*Festuca sulcata*+*Helictotrichon desertorum*+*Potentilla glaucescens*) и лапчатково-овсцецово-типчаковая с петрофильными полукустарничками (*Festuca sulcata*+*Helictotrichon desertorum*+*Potentilla glaucescens* [+*Suffruticuli petrophytiae*]). Первая из отмеченных ассоциаций часто встречается на Можаровском и Иссиргужинском гранитных массивах, вторые — в восточной части водораздела. Это вполне сформировавшиеся степные фитоценозы с господствующей синузией дерновинных злаков. Поскольку они занимают огромные площади и развиваются на зональных темно-каштановых почвах, их можно считать биогеоценотическими климаксами, образующими основные петрофитные варианты зональной степной растительности в исследованном районе.

Сообщества петрофитно-типчаковых степей, будучи связанными с выходами коренных пород, обладают наибольшими возможностями индикации литологического состава коренных пород и мощности рыхлых отложений, в зависимости от которой происходит формирование эколого-генетических рядов смен петрофитных серийных сообществ.

Класс ассоциаций галофитно-типчаковых степей (*Festuceta sulcatae halophytiae*) включает 3 группы ассоциаций, занимающих большие площади на территории Орь-Кумакского водораздела и представленные большим числом ассоциаций.

Группа ассоциаций галоксерофитноразнотравно-типчаковых степей (*Festuceta sulcatae herbosa haloxerophytiae*) представляет собой дефляционный вариант степной растительности. Она развивается на темно-каштановых и каштановых почвах, в разной степени эродированных, возникших под влиянием эоловой дефляции. Эта группа объединяет ассоциации, образующие эколого-генетические ряды смен растительности в зависимости от увеличения солонцеватости и засоления эродированных почв. Наиболее характерной для этой группы является мохнатогрудницево-типчаковая (*Festuceta sulcata*+*Linosyris villosa*) ассо-

циация, приуроченная к сильноэродированным и сильносолонцеватым темно-каштановым и каштановым почвам. Эдификатором этой ассоциации является типчак. Соэдификатором — галофитно-степной эвксерофил *Linosyris villosa*. На менее эродированных почвах развиваются сообщества с большим участием дерновинных злаков или эвксерофильного разнотравья. Это ковыльно-грудницео-типчаковая (*Festuca sulcata*+*Linosyris villosa*+*Stipa lessingiana*+*Stipa sareptana*) и ксерофитноразнотравно-типчаковая с *Linosyris villosa* (*Festuca sulcata*+*Herbae stepposae xerophyticae* [+*Linosyris villosa*]) ассоциации. К местам выходов на поверхность верхних горизонтов засоленной коры выветривания, преимущественно эфузивов, приурочена селитрянополынно-грудницео-типчаковая (*Festuca sulcata*+*Linosyris villosa*+*Artemisia nitrosa*) ассоциация. Наиболее часто она встречается в составе галолитогенных комплексов на денудационных пенепленах. Галопетрофитным вариантом грудницео-типчаковой ассоциации на каштановых мало мощных сильноэродированных солонцеватых почвах является лессингиановополынно-грудницео-типчаковая (*Festuca sulcata*+*Linosyris villosa*+*Artemisia lessingiana*) ассоциация. Эта ассоциация характерна для Прикумакского мелкосопочника, сложенного засоленными известняками и хлорито-серицитовыми сланцами.

Группа галофитнозлаково-типчаковых степей (*Festuceta sulcatae graminosa halophyticae*) представлена грудницео-селитрянополынно-бескильницео-типчаковой (*Festuca sulcata*+*Puccinellia dolicholepis*+*Artemisia nitrosa*+*Linosyris villosa*) ассоциацией, встречающейся на верхних горизонтах коры выветривания эфузивов в условиях большей влажности автоморфных солончаковатых солонцов. Эта ассоциация встречается очень часто на территории Орь-Кумакского водораздела, но занимает небольшие площади в составе галолитогенных комплексов. Соэдификатором ассоциации является лугово-солончаковый злак *Puccinellia dolicholepis*.

Группа ассоциаций галофитнополукустарничково-типчаковых степей (*Festuca sulcatae suffruticulosa halophyticae*) широко распространена на полого-волнистых и расчлененных пенепленах с остаточной корой выветривания, на террасах рек, склонах сопок и увалов, в мелкосопочниках, сложенных засоленными породами на темно-каштановых почвах и на глубокостолбчатых солонцах различной степени солончаковости. Ядро видов этой группы ассоциаций образуют пустынно-степные и пустынные галофиты: *Artemisia nitrosa*, *Kochia prostrata*, *Camphorosma monspeliacum*, *Limonium suffruticosum* и др. В фитоценотическом отношении она весьма разнообразна и включает 10 различных ассоциаций, объединенных в эколого-генетические ряды смен растительности по степени заселения почв. Наименее засоленным местообитаниям этого ряда свойственны растительные сообщества ковылково-шренкиановополынно-типчаковой (*Festuca sulcata*+*Artemisia schrenkiana*+*Stipa lessingiana*) ассоциации. Приурочена эта ассоциация к высоким террасам рек, плоским или слегка повышенным участкам озерно-аллювиальных равнин, сложенных легкосуглинистыми и супесчаными почвами. В ее составе преобладают омброфиты, не связанные с грунтовыми водами (Байдеман, 1947). Единично встречаются и трихогидрофиты: кокпек (*Atriplex cana*), кермек Гмелина (*Limonium gmelini*), в других условиях являющиеся омброфитами. Наиболее распространенной и типичной ассоциацией является селитрянополынно-типчаковая (*Festuca sulcata*+*Artemisia nitrosa*). В условиях Орь-Кумакского водораздела селитряная полынь является типичным омброфитом.

Прутняково-типчаковая ассоциация (*Festuca sulcata*+*Kochia prostrata*) обычно приурочена к сурчинам. В условиях несколько большего

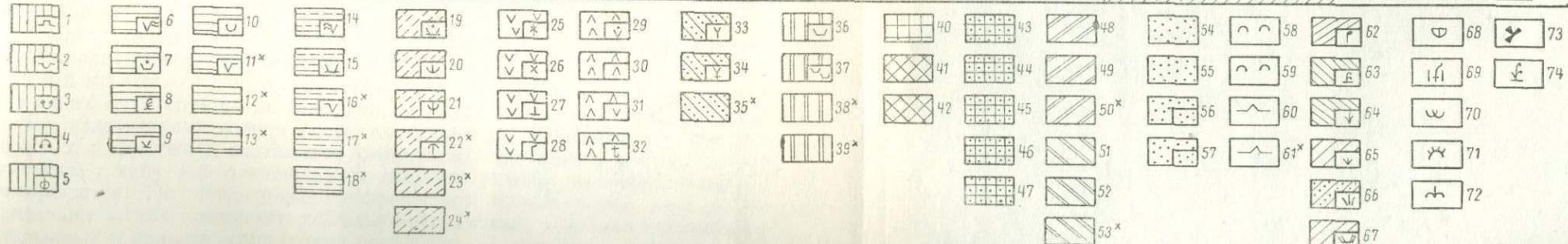
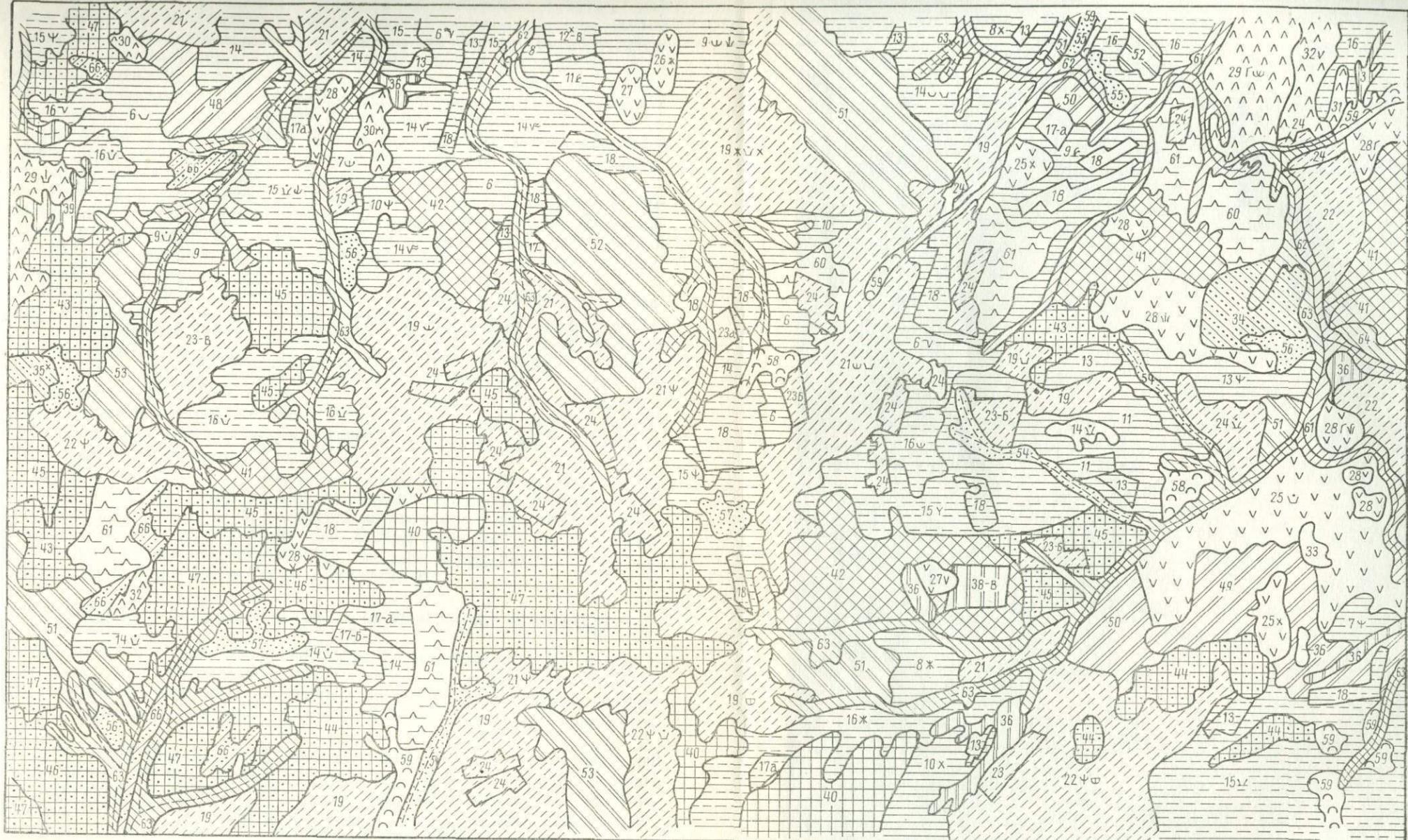


Рис. 12а. Фрагмент геоботанической карто-схемы.

Легенда — см. Приложение 1.

увлажнения почв развивается камфоросмово-типчаковая ассоциация (*Festuca sulcata*+*Camphorosma monspeliacum*).

Завершает ряд засоления чернополынно-типчаковая (*Festuca sulcata*+*Artemisia pauciflora*) ассоциация, которая обычно распространена на склонах пленников и озерно-делювиальных равнин, подверженных золовой дефляции. Почвы — эродированные солонцы или каштановые — сильносолонцеватые эродированные с обилием щебня коренных пород. Все остальные ассоциации являются переходными между типичными, отмеченными выше, и отличаются полидоминантностью.

Из числа других степных формаций, имеющих в исследованном районе ограниченное распространение, следует отметить узкоковыльную, овсецовую и волоснеццовую формации.

Узкоковыльники (*Stipea stenophyllae*) приурочены к бортам эрозионных ложбин или к неглубоким ложбинам с темно-каштановыми западинными суглинистыми почвами, иногда на двучленных наносах. Они связаны с красноковыльными зональными степями, представляя наиболее мезофильную формацию ковыльных степей.

Овсецовье степи (*Helictotricheta desertori*) встречаются отдельными островами среди других петрофитных сообществ и часто обращают с ними своеобразные сочетания и комплексы. Весьма характерны для Тыкашинского водораздела сочетания типчаково-овсецовых степей (*Helictotrichon desertorum*+*Festuca sulcata*) на нижних частях склонов с открытыми группировками петрофилов на выходах серпентинитов, с овсецово-ковылково-типчаковыми сообществами делювиальных шлейфов, а также с мезофильноразнотравно-ковылковыми сообществами по межсопочным понижениям.

Формация волоснца гигантского (*Elymeta gigantei*) относится к луговым степям на Орь-Кумакском водоразделе. Сообщества волоснца наиболее часто встречаются на песчаных и супесчаных аллювиальных отложениях в долинах рек. Самой типичной и наиболее распространенной ассоциацией является мезофильноразнотравно-волосневая (*Elymus giganteus*+*Herbae mesophyticae*).

КОМПЛЕКСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ОРЬ-КУМАКСКОГО ВОДОРАЗДЕЛА

Комплексность почв и растительности рассматриваемого водораздела не является чисто зональным явлением. Она связана прежде всего с исходной засоленностью почвообразующих пород, а также с некоторыми особенностями геохимических процессов (Ермолаев, Чочия, Крым, 1962).

Для характеристики комплексной растительности Орь-Кумакского водораздела принята типологическая классификация, разработанная для степей Северного Казахстана (Карамышева и Рачковская, 1962; Рачковская, 1963). Обоснование этой классификации применительно к комплексной растительности Орь-Кумакского водораздела дано И. С. Ильиной (1963).

На территории сухих степей Орь-Кумакского водораздела выделены 2 класса типов комплексов ассоциаций.

1-й класс галолитогенных типов комплексов ассоциаций формируется на водоразделах, сложенных засоленными породами: известняками и мергелями, глинами коры выветривания эфузивов и т. д. Растения, слагающие комплексы, относятся к одному экологическому типу (по отношению к водному режиму местообитаний) — омброфитов. По эколого-фитоценотическим особенностям этот класс включает в себя комплексы ковыльно-типчаковых, полынно-типчаковых, полынных и полынно-солянковых сообществ. Дальнейшая дифференциация

ния комплексной растительности обусловлена разным составом поверхностных отложений, на которых формируются различные типы комплексов, принадлежащих к этому классу.

В пределах галолитогенного класса выделены шесть групп типов комплексов: а) петрофитно-галофитные комплексы горноколосниково-селитрянополынных, кокпековых, биоргуновых сообществ и пятен лессингиановополынно-типчаковых и грудницео-типчаковых сообществ в мелкосопочниках, сформированных засоленными известняками и мергелями карбона с выходами кварцевых жил и каолинизированной коры выветривания; б) комплексы грудницео-селитрянополынно-типчаковых, овсецово-ковылково-типчаковых сообществ и пятен селитрянополынно-типчаковых и лессингианово-полынных на сильно расчлененных пенепленах и в мелкосопочниках с выходами на поверхность основных эфузивных пород и их туфов; в) лапчатково-типчаковые, грудницео-тырсово-типчаковые, типчаково-тырсовые с петрофильными элементами сообщества и пятна селитрянополынные и камфоросмовые на солонцах денудационных пенепленов и мелкосопочников с выходами на поверхность гранитоидных пород. Последние две группы типов комплексов также являются галофитно-петрофитными; г) комплексы селитрянополынно-типчаковых, грудницео-типчаковых и кокпеково-селитрянополынных сообществ и пятен чернополынных, кокпековых, биоргуновых группировок на солонцах-солончаках в местах выхода на поверхность засоленных горизонтов коры выветривания эфузивов и ультраосновных пород; д) комплексы селитрянополынно-грудницео-типчаковых сообществ и пятен селитрянополынных, камфоросмовых и чернополынных на солонцах озерно-делювиальных равнин в местах выходов на поверхность засоленных плиоценовых глин; е) комплексы ксерофитноразнотравно-типчаково-ковылковых, селитрянополынно-типчаковых сообществ и пятен селитряной, черной полыни и прутняка на участках денудационных пенепленов с выходами на поверхность коры выветривания песчано-глинистой толщи и хлорито-серититовых сланцев карбона.

Выделенные группы типов комплексов представляют собой надежные индикаторы литологического состава пород, на которых развиваются галолитогенные комплексы ассоциаций.

2-й класс галогидрогенных типов комплексов ассоциаций встречается в древних или современных депрессиях рельефа с близким залеганием грунтовых вод. Эти комплексы связаны с гидроморфными солончаками, солончаковатыми солонцами, темно-каштановыми почвами и признаками олуговения или осолодения, а также луговыми почвами и солодями. Большинство растений, участвующих в сложении галогидрогенных типов комплексов, относится к трихогидрофитам и фреатофитам.

Выделены три группы типов комплексов: а) комплексы однолетнесолянковых и сочносолянковых фреатофитов с фрагментами луговой растительности на участках с близкими грунтовыми водами (0—3 м); б) комплексы полынных, полынно-солянковых и сочносолянково-полынных сообществ трихогидрофитов с грунтовыми водами на глубине 3—8 м; в) комплексы полынных, полынно-типчаковых и полынно-ковыльных сообществ омброфитов с фрагментами полынно-солянковых трихогидрофитов на участках с глубокими грунтовыми водами (7—10 м).

Все основные зональные ассоциации, их эдафические варианты, сочетания ассоциаций и наиболее распространенные группы типов комплексов ассоциаций нашли отражение на геоботанической карто-схеме, фрагменты которой прилагаются (рис. 12 а и б).

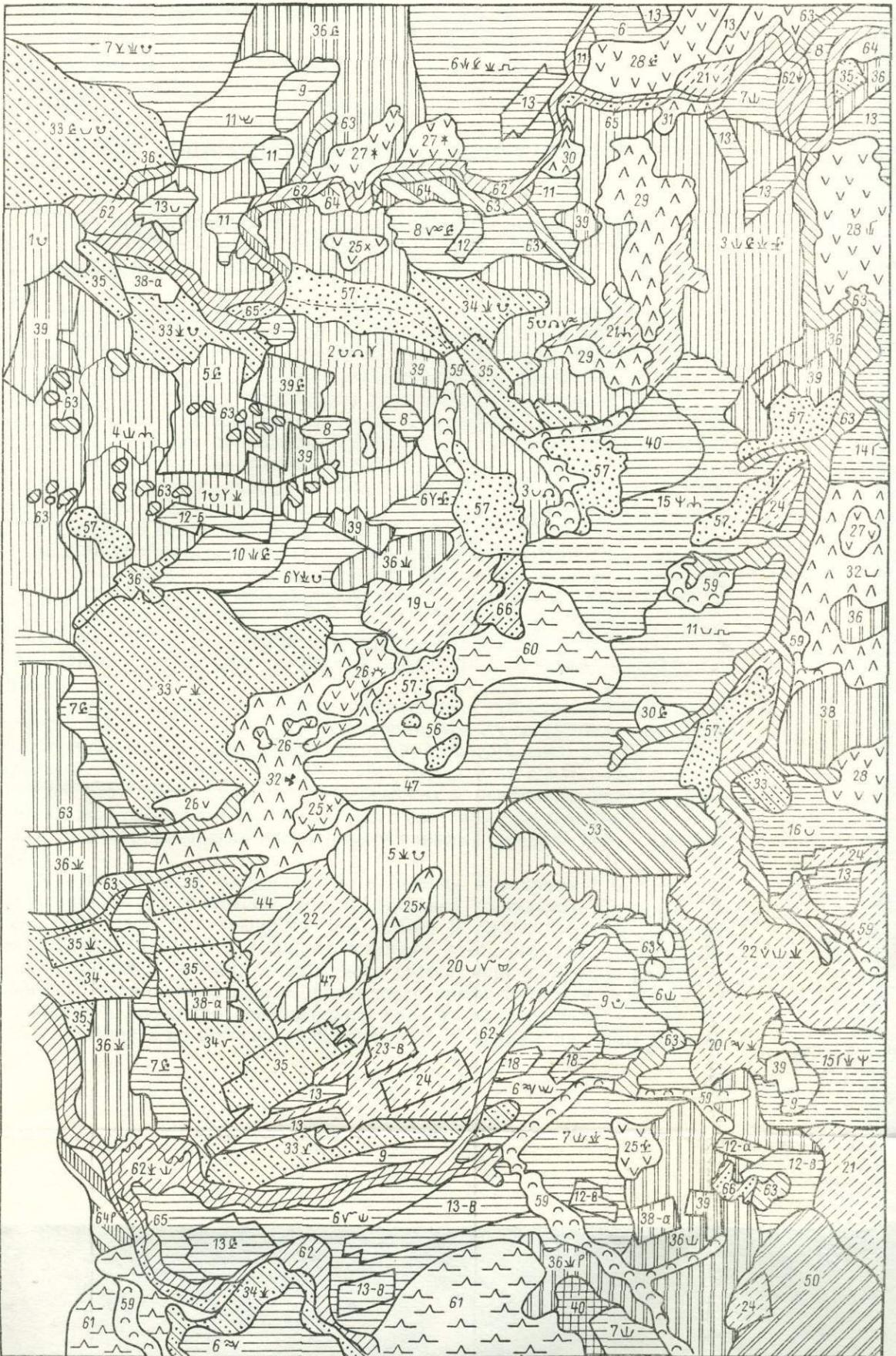


Рис. 126. Фрагмент геоботанической карто-схемы.
Легенда — см. Приложение 1.

ГЛАВА VII

НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ЛАНДШАФТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЙОНА И ЕГО СТРУКТУРА

Характерные особенности природы района в целом обусловливаются его географическим положением, определяющим характер проявления зональных и азональных процессов, а также специфику его структуры.

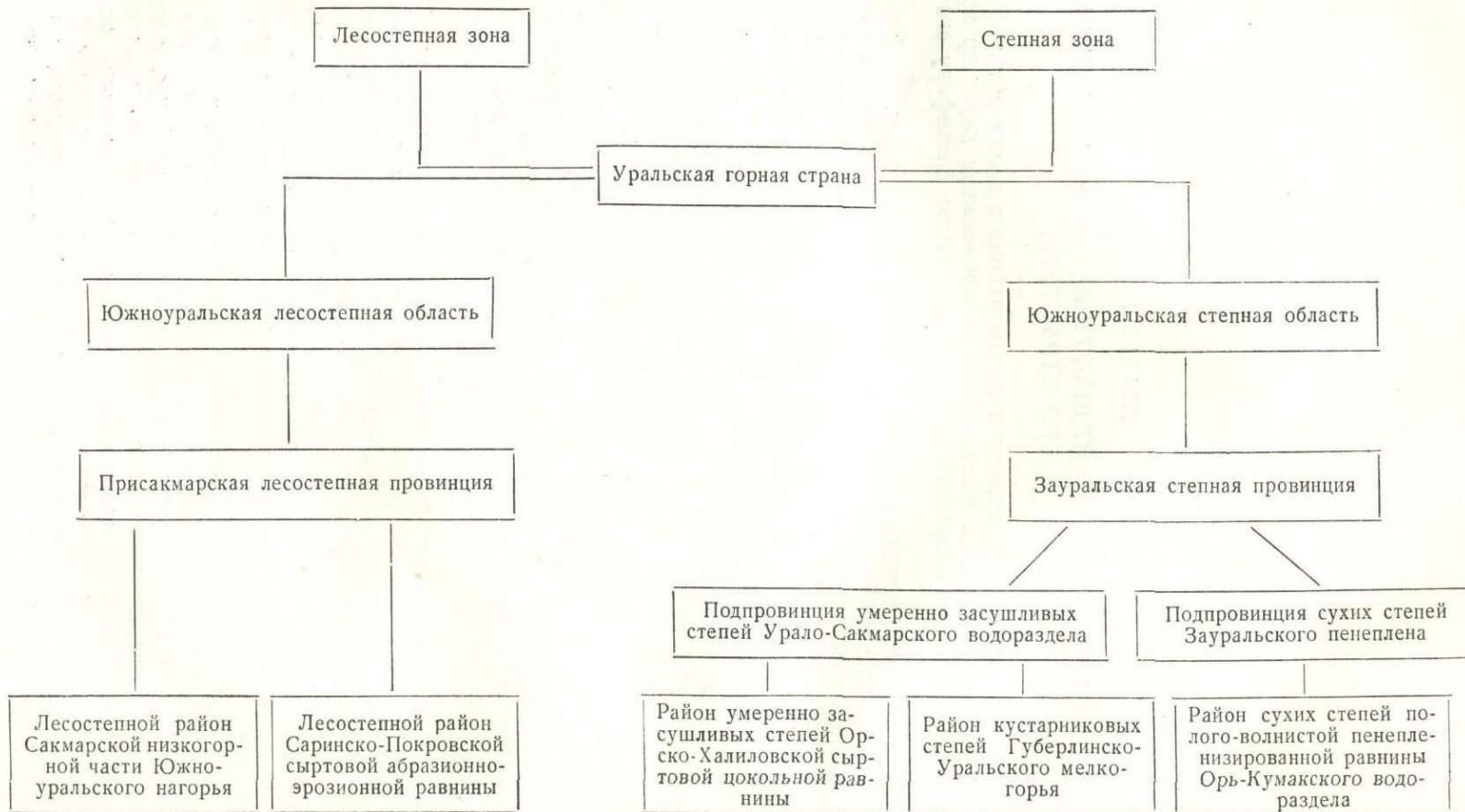
Район исследования лежит в пределах степной зоны, в той ее части, где она пересекается Уральской горной страной. Однако юго-восточные отроги Урала здесь уже утратили характер типичной горной страны. Это пенеплен, несколько более расчлененный на северо-западе. Тем не менее он корректирует проявление зональных процессов. В частности, благодаря значительным абсолютным и относительным высотам пенеплен выступает как проводник распространения на юг северных лесостепных элементов. Так, южная граница лесостепи проходит в непосредственной близости к району исследования (водораздел Урала и Сакмары), а фрагменты лесостепи можно встретить даже в самом районе, в его наиболее пересеченных мелкосопочных участках.

С другой стороны, тот же рельеф (наличие обширных абразионных пенепленов, широких меридиональных депрессий, занятых долинами рек, ручьями, сухими балками) способствует проникновению на север южных влияний. Это усугубляется континентальностью климата, интенсивной инсолиацией, высокими температурами воздуха и преобладанием сухих южных ветров, вызывающими процессы засоления и дефляции почв.

В системе единиц физико-географического районирования Юго-Восточного Зауралья (см. рис. 1) территория Орь-Кумакского водораздела обособилась в отдельный район благодаря своеобразию геологического строения и палеогеографии (табл. 18). Район этот сложен целым комплексом разновозрастных метаморфических и осадочных пород, интрузиями и эфузиями кислого и основного состава, а на значительных площадях — пестроцветными засоленными глинами древней коры выветривания.

Многочисленные тектонические движения и начиная с мезозоя не прекращающиеся процессы континентальной денудации были основными ландшафтообразующими факторами. В дальнейшем, в условиях резко континентального аридного климата здесь особенно активизировались процессы эрозии, плоскостного смыва, неравномерное распределение делювия и дефляция. Совокупное взаимодействие этих факторов и привело к созданию специфичного рельефа водораздела, к наличию здесь различных по степени расчленения пенепленов с пятнами древних

Схема физико-географического районирования Юго-Восточного Зауралья



кор, мелкосопочников, останцов, комплекса речных террас, сухих балок, слабоволнистых озерных равнин.

Особенностью почвенно-растительного покрова района является его большая пестрота, мозаичность. Наряду с зональными типчаково-ковылковыми степями, развитыми обычно на темно-каштановых почвах, здесь можно встретить различные эдафические варианты этих степей (псаммофитные, петрофитные, мезофитные и др.), а также интразональные пустынные и пустынно-степные группировки, приуроченные не только к депрессиям с гидроморфными солонцово-степными почвенными разностями, но и к водораздельным пространствам с автоморфными солонцами и солончаками. Развитие последних определено засолением древних кор выветривания и не связано с грунтовым увлажнением. Эта комплексность, таким образом, обусловлена чрезвычайным разнообразием местообитаний (литология, степень расчлененности рельефа, увлажненность и засоленность грунтов), а также непрекращающимися в условиях резко континентального аридного климата процессами денудации.

Рассматриваемый район является совершенно своеобразным генетически обособленным в пределах данной провинции комплексом-ландшафтом. Особенности взаимодействия различных компонентов определяют сложность структуры этого района. Различные фации, урочища и даже местности, многократно повторяясь в пределах района, вскрывают его многообразное и вместе с тем целостное природное единство.

Самые крупные и сложные морфологические части района — местности. Одни из них распространены наиболее широко и являются основными — типоморфными. Именно они вскрывают наиболее характерные специфические черты структуры ландшафта. Одновременно частные, индивидуальные особенности структуры района выявляются при изучении второстепенных, индикаторных, местностей.

Наиболее крупные территориальные комплексы, обособляющиеся в пределах местностей, — урочища. В зависимости от значимости последних и частоты их встречаемости они могут быть отнесены к урочищам-доминантам (фоновые урочища) или урочищам-субдоминантам.

В пределах района исследования типоморфными являются местности пенепленов (различной степени расчленения) и местности мелкосопочников (водоразделов и склонов). Примером индикаторных местностей в условиях сухих степей Зауральского пенеплена могут служить сравнительно редко встречающиеся местности террасированных долин с особым режимом увлажнения и широким развитием мезофитной растительности. Ключевые участки, закартированные в пределах различных местностей, дают возможность судить о структуре последних. Они выбраны с учетом показа специфических особенностей и морфологического строения типоморфных (Тыкашинский пенеплен и Прикумакский мелкосопочник) и индикаторных (отрезок долины р. Кумак) местностей.

Тыкашинский пенеплен, как и весь Орь-Кумакский водораздел, — участок древнего Зауральского пенеплена, основные черты развития которого определялись интенсивностью денудационных процессов, господствующих здесь с конца палеозоя. Уже в позднетриасовое время на этом участке первый этап пенепленизации закончился и начались процессы корообразования, протекавшие в условиях субтропического и тропического климата. Слабые тектонические движения, активизировавшиеся в юре и мелу, сопровождались незначительными трансгрессиями и регрессиями. В течение этих периодов Орь-Кумакский водораздел большей частью оставался областью сноса, где процессы пенеплениза-

ции протекали как в условиях умеренно теплого, так и аридного (с позднего мела) климата. Деформация Зауральского пенеплена началась в позднем олигоцене — раннем миоцене. Новейшие тектонические движения, вызвавшие эту деформацию, проявились локально. Участок Тыкашинского водораздела, сложенный однородными породами (в основном серпентинитами), несмотря на общий подъем территории, сохранился как пенепленизированная поверхность. В настоящее время это равнина, наклоненная к северу, к долине р. Кайракты. Она в значительной степени покрыта корой выветривания, которая местами перекрыта покровными суглинками. Характер расчленения в отдельных частях пенеплена различен: от слабого до значительного. Там, где оно мало, наблюдаются участки остаточной коры выветривания, где расчленение сильнее — кора переотложена (верхний олигоцен — плиоцен). В участках еще более значительного расчленения она смыта и на поверхности обнажаются коренные породы.

Тыкашинский водораздел вместе с расчленяющими его мелкими слabo террасированными речными долинами образует наиболее характерную для данного района типоморфную местность. В ней уроцища водораздела и склонов (различной степени расчленения) являются доминантными. Как правило, они занимают обширную площадь и достаточно однообразны по строению (особенно это касается водораздельных уроцищ). Слабо террасированные речные долины, занимающие по сравнению с водоразделом и склонами небольшую площадь, но очень типичные для данной местности, являются уроцищами-субдоминантами. Их изучение необходимо для более полного знакомства со структурой данной местности.

Фрагмент этой местности, закартированный в пределах Тыкашинского водораздела, его достаточно сильно расчлененного склона и долины р. Кайракты (рис. 13), одного из наиболее типичных участков данной местности, показывает соподчинение и строение наиболее мелких морфологических единиц — фаций.

В пределах уроцища водораздела число фаций довольно ограничено, и доминирующее положение занимает фация плоской выравненной части водораздела с нитрозовополынно-типчаковой растительностью на каштановой суглинистой маломощной почве на покровных суглинках, на серпентинитах. В пределах уроцища склона, напротив, набор фаций достаточно сложен. Различная степень расчленения верхней, средней и нижней части склона и особенности микрорельефа этой территории, а также наличие выходов коренных пород (серпентинитов), как бы просвечивающих местами сквозь толщу покровных суглинков, определяют пестроту и разнообразие почвенно-растительного покрова. В пределах данной территории обособляется 21 тип различных по своему строению фаций. Их содержание вскрыто в легенде, а площадь и особенности распространения каждой из них показаны на типологической карто-схеме.

Последнее уроцище данной местности — уроцище слabo террасированной долины р. Кайракты — свидетельствует о незначительном развитии процессов речной эрозии в позднечетвертичный и современный периоды. Это связано, очевидно, прежде всего с сухим континентальным климатом. Он же в известной степени наряду с исходной засоленностью коренных пород является причиной засоления почв в пределах всего района.

Прикумакский ключевой участок в генетическом отношении является типичным примером местности мелкосопочника склонов.

Мелкосопочник — явление своеобразное. Он сформировался в результате длительного эрозионно-денудационного расчленения пенеплена в связи с начавшимися новейшими тектоническими движениями в конце

позднего олигоцена — раннего миоцена. Конечный эффект расчленения зависел от литологии коренных пород, от различной устойчивости их к размыву. В настоящее время это комплекс сопок (различной величины и степени расчленения) и причудливо ветвящихся между сопочными понижений, логов (различно врезанных), сливающихся в центральное выпложенное долинообразное понижение.

Геологическое строение мелкосопочника сложное. В восточной половине ключевого участка оно представлено песчано-глинистыми толщами турне, в центральной и западной частях проходит полоса известняков и мергелей визе. Эти отложения местами прорваны кварцевыми жилами. Как кварцевые жилы, так и вмещающие их породы обнажаются в пределах сопок. В логах и в нижних частях сопок они перекрыты элювиально-делювиальным покровом различной мощности. На крайнем юго-западе участка обнажаются метаморфические сланцы. Центральное долинообразное понижение перекрыто аллювиально-делювиальными отложениями.

Разнообразие литологического состава пород, степень расчленения сопок и логов, различия в увлажнении отдельных элементов мезорельфа приводят к большому разнообразию почвенно-растительного покрова. Континентальность климата и засоленность грунтов увеличивают их пестроту и комплексность. Местность мелкосопочника органически связана с территориями окружающих его местностей водораздела. Она является типичным примером наиболее сильно расчлененной части водораздела, обусловленной локальными поднятиями и связанным с ними интенсивным эрозионным врезом. Известная генетическая близость этих местностей вызывает необходимость отразить на карто-схеме (рис. 14) кроме мелкосопочника прилегающие к нему участки местностей пенеплена.

В пределах местности мелкосопочника выделяются пять типов уроцищ. Два из них являются уроцищами сопок, различающихся между собой по степени расчлененности и изрезанности, по комплексу почвенного и растительного покрова. Сопки первого типа наиболее расчленены, имеют сложную форму, характеризуются частыми выходами коренных пород и обилием кварцевой щебени. Верхняя часть сопок покрыта элювием коренных пород (иногда сильно каолинизированная кора выветривания), а нижние части склонов сопок — различной мощности делювиальным покровом. Почвенный покров изменяется от солонцов на коре выветривания до темно-каштановых маломощных солонцеватых почв на деловии. Растительность представлена сложным комплексом петрофитно-галофитных, преимущественно степных и пустынно-степных группировок. Сопки второго типа значительно разрушены, снивелированы, имеют простые очертания, перекрыты мощным слоем деловия. На них преобладают темно-каштановые эродированные солонцеватые почвы и галофитно-петрофитные сообщества растительности.

Остальные три типа составляют уроцища логов и долин. Из них: первый тип — узкие сильно врезанные лога с маломощным делювиальным покровом, со смешанно-кустарниковой и древесной растительностью (березово-осиновые колки) на темно-каштановых осололедовых почвах. Древесно-кустарниковая растительность, как уже отмечалось, является фрагментом лесостепи, проникшим далеко в сухостепную подзону. Это связано с интенсивным расчленением мелкосопочника и особенностями увлажнения наиболее сильно врезанных логов. Второй тип — расположенные лога с мощным делювиальным покровом со смешанно-кустарниковой растительностью на каштановых осололедовых почвах и ксеро-мезофитноразнотравными сообществами на каштановых почвах. Третий тип образует центральное долинообразное понижение

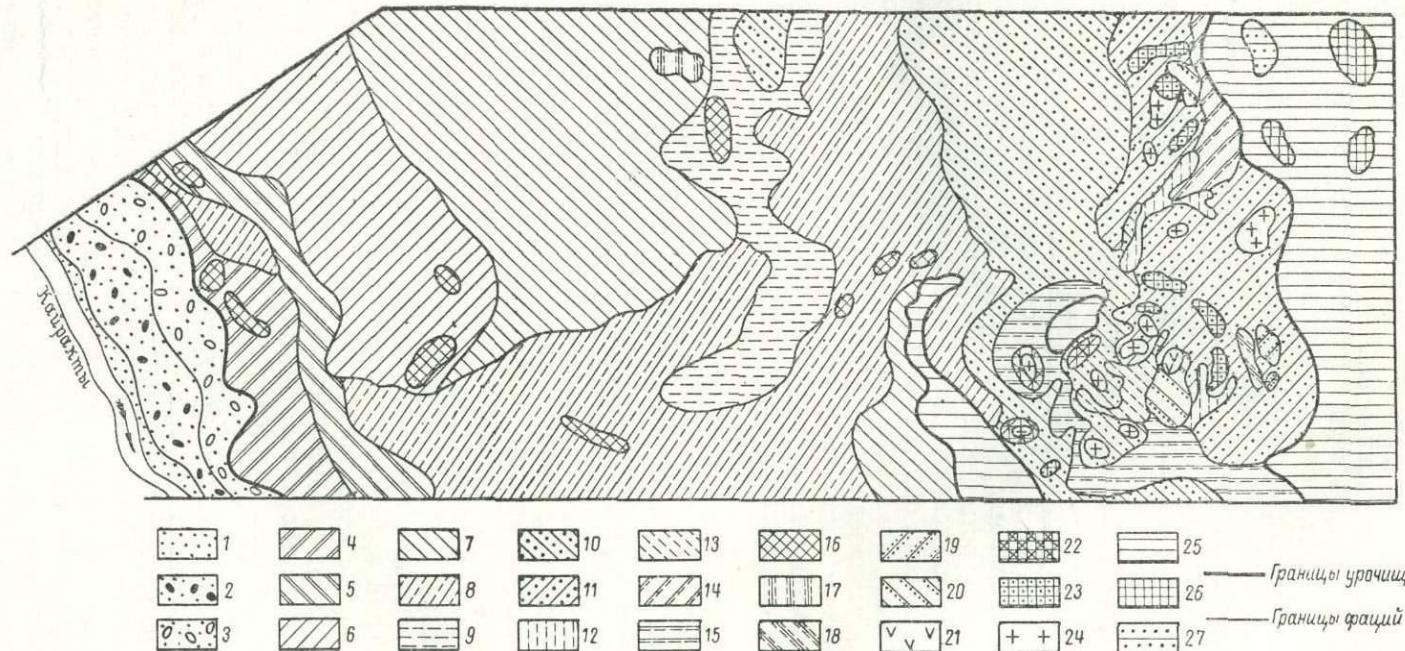


Рис. 13. Ландшафтная карто-схема (ключевой участок № 1).

Легенда к рис. 13

Уроцище долины реки Кайракты

1—фация пойменной террасы р. Кайракты с характерной гидрофитной растительностью на аллювиальных отложениях; 2—фация надпойменной террасы р. Кайракты с однолетне-солянковыми сообществами на аллювиальных почвах; 3—фация надпойменной террасы р. Кайракты с комплексом кокпеково-чернополынных с петрасимонией сообществ с пармелиево-лессингиановополынно-типчаковыми пятнами на каштановой солонцеватой почве в сочетании с солончаковыми солонцами на аллювиально-делювиальных отложениях.

Уроцище склона водораздела

4—фация нижней, полого-выпуклой (притееррасной) части склона водораздела с комплексом нитрозовополынно-типчаковых и кокпеково-чернополынных сообществ на каштановой солонцеватой почве с корковыми солонцами на коре выветривания серпентинитов; 5—фация нижней плоской части склона водораздела с пармелиево-лессингиановополынно-типчаковой группировкой на каштановой суглинистой маломощной почве на покровных суглинках на серпентинитах; 6—фация полого-выпуклой части склона водораздела с нитрозовополынно-типчаково-ковылковой растительностью на каштановой солонцеватой суглинистой среднемощной почве на покровных суглинках на серпентинитах; 7—фация полого-выпуклой средней части склона водораздела с освесцово-типчаково-ковылковой растительностью на каштановой суглинистой маломощной почве на покровных суглинках на серпентинитах; 8—фация средней пологого-вогнутой части склона с комплексом тырсово-типчаково-ковылковых сообществ с пятнами черной, нитрозовой и полыни Лессинга на фрагментарной среднемощной почве на грубообломочном элювио-делювии серпентинитов; 9—фация средней полого-выпуклой части склона водораздела с комплексом пармелиево-нитрозовополынно-типчаковых и чернополынных сообществ на каштановой солонцеватой почве в сочетании с корковыми солонцами на коре выветривания серпентинитов; 10—фация верхней полого-выпуклой части склона водораздела с тырсово-ковылково-типчаковой растительностью на каштановой суглинистой маломощной почве на покровных суглинках на серпентинитах; 11—фация верхней полого-выпуклой части склона водораздела с лапчатково-тырсово-типчаковой растительностью на фрагментарной маломощной почве на грубообломочном элювио-делювии серпентинитов; 12—фация логообразного понижения верхней части склона водораздела с освесцово-тырсово-ковылковой растительностью с петрофитными элементами на фрагментарной маломощной почве на серпентинитах; 13—фация логообразного понижения верхней части склона водораздела петрофитно-разнотравно-тырсово-ковылковой растительностью на фрагментарной маломощной почве на серпентинитах; 14—фация верхней полого-вогнутой части склона с тырсово-типчаково-освесцово-ковылковой растительностью на каштановой суглинистой маломощной почве на грубообломочном элювио-делювии серпентинитов; 15—фация верхней пологой части склона с тырсово-освесцово-типчаковой группировкой на каштановой суглинистой маломощной почве на грубообломочном элювио-делювии серпентинитов; 16—фация полого-выпуклой нижней части склона чернополынно-лессингиановополынно-типчаковой растительностью на каштановой суглинистой маломощной почве на покровных суглинках на серпентинитах; 17—фация средней части склона с освесцовой степной растительностью на каштановой суглинистой маломощной почве на покровных суглинках на серпентинитах; 18—фация слабо выраженного седловинообразного понижения в верхней части склона водораздела с кустарниково-пармелиево-лапчатково-типчаковой растительностью на фрагментарной маломощной почве коры выветривания серпентинитов; 19—фация полого-выпуклой верхней части склона водораздела с комплексом пармелиево-нитрозовополынно-типчаковой растительности на фрагментарной маломощной почве элювио-делювия серпентинитов; 20—фация нижней части склона сопки с пармелиево-тырсово-типчаковой растительностью на каштановой суглинистой маломощной почве на коре выветривания серпентинитов; 21—фация верхней части сопки с нитрозовополынно-типчаковой растительностью на нантронитовой коре выветривания серпентинитов; 22—фация нижней части склона сопки с петрофитно-разнотравно-тырсово-типчаковой растительностью на каштановой суглинистой маломощной почве на коре выветривания серпентинитов; 23—фация вершины сопки с пармелиево-типчаковой растительностью на выходах серпентинитов; 24—фация вершины сопки с очитково-пармелиево-типчаковой растительностью на выходах серпентинитов.

Уроцище водораздела

25—фация плоской выровненной части водораздела с нитрозовополынно-типчаковой растительностью на каштановой суглинистой маломощной почве на покровных суглинках на серпентинитах; 26—фация полого-выпуклого повышения на плоской выровненной части водораздела с пармелиево-нитрозовополынно-типчаковой растительностью с кустарниками (*Spirea hypericifolia*) на каштановой солонцеватой суглинистой среднемощной почве на покровных суглинках на серпентинитах; 27—фация полого-выпуклой части водораздела с нитрозовополынно-типчаковой растительностью на каштановой солонцеватой суглинистой среднемощной почве на покровных суглинках на серпентинитах.

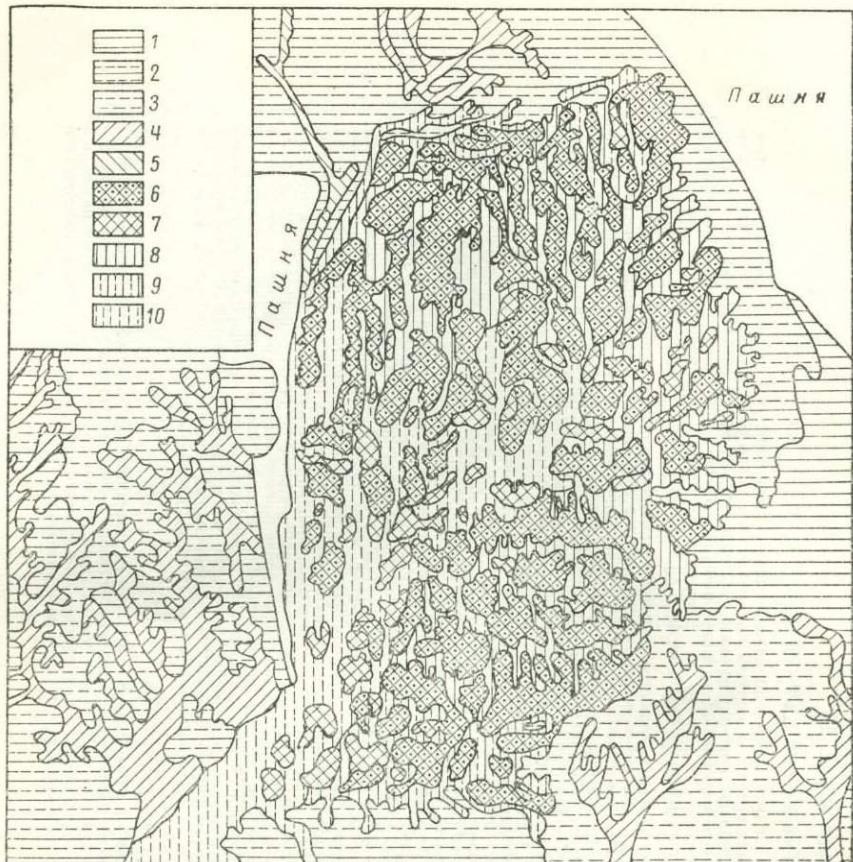


Рис. 14. Ландшафтная карто-схема (ключевой участок № 2).

Легенда к рис. 14

МЕСТНОСТЬ СЛАБОРASЧЛЕНЕННОГО ПЕНЕПЛЕНА

Уроцища

1 — плоские и слабоволнистые участки пепелена с плащом неогеновых глин с зональными ксерофитно-разнотравно-типчаково-ковылковыми степями на темно-каштановых суглинистых почвах; 2 — плакорные примелкосопочные увалы с маломощным элювием песчано-глинистых отложений турне с петрофитными вариантами степной растительности на темно-каштановых суглинистых маломощных почвах; 3 — плакорные примелкосопочные увалы с маломощным делювиально-элювиальным плащом песчано-глинистых отложений турне с обилием кварцевой щебеники с галофитно-петрофитными вариантами степной растительности на темно-каштановых маломощных солонцеватых почвах; 4 — плоскодонные плакорные лога с мощным делювиальным покровом с мезофитными вариантами степной растительности на темно-каштановых почвах на делювии; 5 — сильно врезанные плакорные лога с мощным делювиальным покровом с зарослями караганы и мезофитного разнотравья на темно-каштановых осоледелых почвах на делювии.

МЕСТНОСТЬ МЕЛКОСОПОЧНИКА СКЛОНОВ

Уроцища сопок

6 — сильно расчлененные сопки с выходами коренных пород (песчано-глинистые толщи карбона), прорваных кварцевыми жилами с плащом элювиально-делювиальных отложений с комплексами петрофитно-галофитной, преимущественно степной и пустынько-степной растительности на темно-каштановых маломощных солонцеватых почвах в сочетании с солонцами на сильно каолинизированной коре выветривания; 7 — сильно разрушенные сположенные сопки, перекрыты делювиальными отложениями с галофитно-петрофитными сообществами растительности на темно-каштановых эродированных солонцеватых почвах.

Уроцища логов и долин

8 — узкие сильно врезанные лога с делювиальным покровом со смешанно-кустарниковой и древесной (бересово-осиновые колки) растительностью на темно-каштановых почвах; 9 — выполненные лога с мощным делювиальным покровом со смешанно-кустарниковой растительностью на каштановых осоледелых почвах и ксерофитной травянистой растительностью на темно-каштановых почвах на делювии; 10 — сильно выполненные широкие плоскодонные долинообразные понижения, выполненные аллювиально-делювиальными отложениями с однолетнесолянковыми сообществами на гидроморфных солончаках с зарослями караганы на темно-каштановых осоледелых почвах в участках наиболее интенсивного вреза.

с сильно выравненным, местами мелкобугристым рельефом, выполненные аллювиально-делювиальными отложениями, с однолетнесолянковыми сообществами на гидроморфных солончаках и зарослями караны на темно-каштановых осолоделых почвах в участках наиболее интенсивного вреза.

Ключевой участок (рис. 15), приуроченный к долине р. Кумак, раскрывает строение наиболее характерной для данного района индикаторной местности. История развития этой территории специфична. Прилегающий к речной долине водораздел представляет область развития сильно метаморфизованных сланцев карбона. Долина р. Кумак имеет молодой возраст: она была заложена в позднеплиоценово-раннечетвертичное время (Q_1). Это период образования самой древней III скульптурной террасы реки, сложенной опесчаненными суглинками с большим количеством гравия. Поверхность террасы ровная, слегка наклоненная в сторону реки; местами она прорезана логами с временными водотоками. Над урезом воды терраса поднимается на высоту 15 м.

Образование II надпойменной эрозионно-аккумулятивной террасы обусловлено сравнительно небольшими тектоническими движениями среднечетвертичного времени (Q_2). С поверхности она представлена песчаными наносами, на глубине 7—8 м — суглинками, а еще ниже — пойменными аллювиальными глинами. Поверхность ее, особенно на левом берегу, прорезана многочисленными влажными западинами и логами с временными водотоками. Высота террасы над уровнем воды — около 10 м.

I надпойменная терраса сформирована в верхнечетвертичное время (Q_3). Она сложена с поверхности песками и суглинками, подстилаемыми на глубине 5 м песчано-гравийно-галечным материалом. Эта терраса идет вдоль обоих берегов реки на высоте 4,5—6 м над урезом воды.

Высокая и низкая поймы в пределах ключевого участка прослеживаются главным образом вдоль правого берега реки. Они сложены современными (Q_4) аллювиальными отложениями, представленными в высокой пойме среднезернистыми рыхлыми песками, реже иловатыми супесями, а в низкой пойме — иловатыми супесями с прослойями песка. Высокая пойма поднимается над урезом воды на 2,5—3 м, а низкая — на 1—1,5 м. Их поверхность неровная, изобилует старицами и глухими застраивающими озерками.

Особенности геолого-геоморфологического строения речной долины в условиях напряженного водного баланса сухостепной подзоны определяют своеобразие почвенного и растительного покровов обособляющихся здесь природных территориальных комплексов. Формирование почвенно-растительного покрова в долине Кумака теснейшим образом связано с особенностями ее мезоклимата и гидрологического режима. Близость реки и высокий уровень стояния грунтовых вод (поймы и местами надпойменные террасы) даже в условиях аридного климата сухостепной подзоны определяют достаточно широкое распространение гидромезофитной и мезофитной растительности. Одновременно основные геоморфологические элементы долины — пойма, террасы, лога, различающиеся по условиям увлажнения, усиливают изменения почвенно-растительного покрова от пойменной террасы и пониженных частей логов в сторону водораздела.

Совокупность этих факторов позволила выделить в пределах этой индикаторной местности 7 различных типов уроцищ (см. рис. 15). Пестрота литологического состава некоторых морфологических элементов (пойма, I и II надпойменные террасы) вызывает необходимость

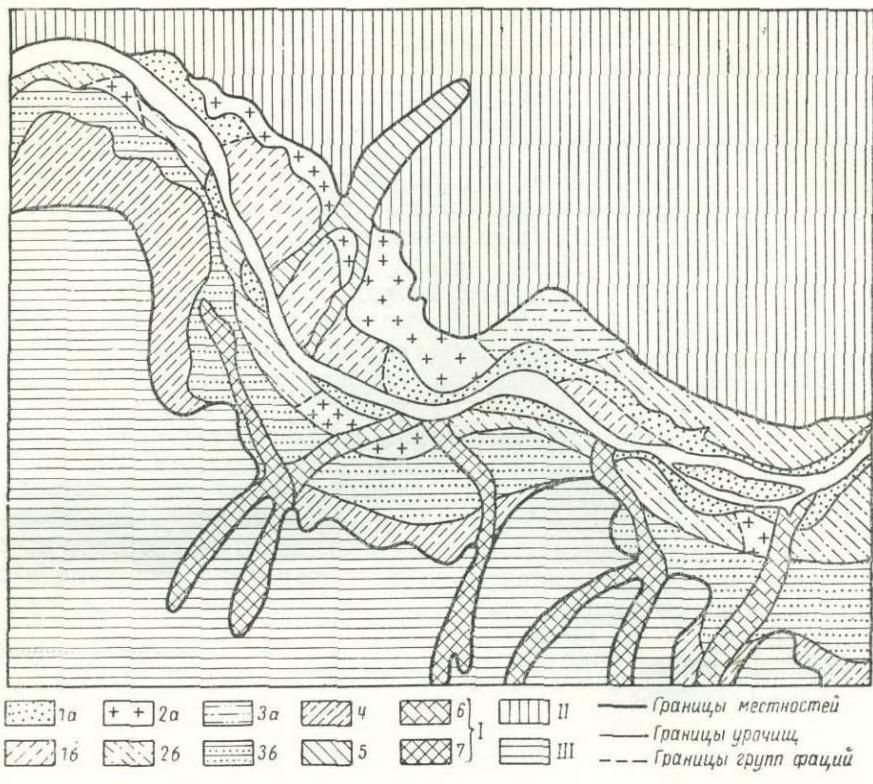


Рис. 15. Ландшафтная карто-схема (claveyovyi uchastok № 3).

Легенда к рис. 15

I. МЕСТНОСТЬ ТЕРРАСИРОВАННОЙ ДОЛИНЫ

У р о ч и щ а

1—пойменная терраса (*a*—группа фаций низкой поймы с ивицковыми зарослями на примитивных аллювиальных почвах с тростниками, вейниковыми, осоковыми, и костровыми луговыми сообществами на болотно-луговых почвах на иловатых супесях, *b*—группа фаций высокой поймы с разнотравно-волоснеццовыми сообществами на аллювиальных почвах на среднезернистых рыхлых песках); 2—первая надпойменная терраса (*a*—группа фаций первой надпойменной террасы с паммофитно-разнотравно-типчаково-тырсовыми сообществами на темно-каштановых супесчаных почвах, *b*—группа фаций первой надпойменной террасы с полынно-тырсово-типчаковыми сообществами на легкосуглинистых темно-каштановых почвах); 3—вторая надпойменная терраса (*a*—группа фаций второй надпойменной террасы с паммофитно-разнотравно-тырсовыми сообществами на темно-каштановых супесчаных почвах, *b*—группа фаций второй надпойменной террасы с тырсово-нитрозовополынно-типчаковыми сообществами на темно-каштановых солонцеватых эродированных почвах); 4—третья надпойменная терраса с груднице-типчаково-ковыльковыми сообществами на темно-каштановых эродированных солонцеватых почвах; 5—сильно выпложенные ложбины на временных водотоках с зарослями карагана и галомезофитного разнотравья на темно-каштановых осоледелых почвах; 6—глубоко врезанные лога с вейниково-кострово-красноковыльковыми сообществами на темно-каштановых почвах на делювии; 7—слаборезанные лога с времennymi водотоками с мезофитно-разнотравно-тырсовой растительностью на темно-каштановых почвах на делювии.

II. МЕСТНОСТЬ ПРИДОЛИННОГО СИЛЬНО РАСЧЛЕНЕННОГО МЕЛКОСОПОЧНИКА

Сильно расчененный мелкосопочник, сложенный сланцами каменноугольного возраста, прорезанными кварцевыми интрузиями с преобладанием лессингизиановополынно-типчаковых сообществ на темно-каштановых маломощных почвах у подножий сопок и на делювальных шлейфах.

III. МЕСТНОСТЬ СЛАБОРАСЧЛЕНЕННОГО ПЕНЕПЛЕНА

Слаборасчененный пенеплен, сложенный сильно метаморфизованными сланцами каменноугольного возраста с галопетролитогенным комплексом ромашниково-типчаково-ковыльковых сообществ на каштановых солонцеватых эродированных почвах и типчаково-грудницевых, нитрозовополынных и чернополынных сообществ на эродированных автоморфных солонцах.

обособить в пределах соответствующих уроцищ группы фаций (см. ленду).

Детальное изучение морфологической структуры местностей, охарактеризованных по материалам приведенных выше ключевых участков, при сопоставлении с покомпонентными картами (геологической, геоморфологической, почвенной, геоботанической и др.) дает возможность наиболее полно и всесторонне познать природные особенности района, получить представление о протекающих в нем основных физико-географических и geoхимических процессах, а также позволяет наметить направление развития ландшафта Орь-Кумакского водораздела в целом. Эволюция района идет в направлении дальнейшей дифференциации территории за счет медленных новейших тектонических движений и усиливающегося вреза речной сети. Это явление, сопровождающееся возрастанием сухости климата и увеличением его континентальности в целом, очевидно, повлечет за собой некоторое смещение к северу границ ландшафтных зон, дальнейшее внедрение в зону степей полупустынных элементов флоры и усиление засоленности почвогрунтов.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРЬ-КУМАКСКОГО ВОДОРАЗДЕЛА

ГЛАВА VIII

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОРЕННЫХ ПОРОД, ГРУНТОВ, ПОЧВ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРИКЛАДНОЙ ГЕОХИМИИ

В настоящей главе рассматриваются геохимические особенности коренных пород грунтов и почв и делается попытка их сопоставления с особенностями подстилающих коренных пород. Для этого используются методы спектрального и химического анализов с последующей обработкой их результатов статистическими способами.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Спектральный анализ применялся для определения содержаний различных элементов в пробах коренных пород, почв и в зоне растений. Он производился на двух различных приборах — ИСП-28 и ИСП-67.

На кварцевом спектрографе ИСП-28 анализировались пробы на все элементы, кроме редких щелочей и стронция. Анализ выполнялся в двух лабораториях: стационарной лаборатории экспедиции № 9 Северо-Западного геофизического треста и в лаборатории геохимии ландшафтов НИГИ Ленинградского университета. В первой из них анализировались рядовые металлометрические и некоторые почвенные пробы. Съемка спектрограмм производилась с применением трехступенчатого платинового ослабителя с ослаблением аналитических линий в 10 раз. Расшифровка велась на узкий круг элементов — медь, цинк, свинец, никель, кобальт, мышьяк, бериллий. Анализы выполнялись Д. В. Никифоровым и Г. Д. Трофимовой. Во второй лаборатории проводились анализы проб коренных пород и золы растений. Здесь съемка велась с применением девятиступенчатого ослабителя, по методу М. Клерса, с ослаблением аналитических линий в 1000 раз. Расшифровка велась на медь, серебро, цинк, бериллий, стронций, кадмий, барий, скандий, галлий, иттрий, индий, лантан, церий, иттербий, таллий, титан, германий, цирконий, олово, свинец, ванадий, мышьяк, хром, молибден, марганец, кобальт, никель. Тем же методом анализировались (и на те же элементы) и образцы золы растений. Спектральные эталоны приготавливались из чистых окислов на основе возможно более близкой по составу к анализируемым пробам: для всех силикатных пород она была также силикатной, а для золы растений близкой по химическому составу к средней пробе золы

растений района, определенному химическим количественным анализом.

На универсальном спектрографе ИСП-67 выполнялись только полу-количественные определения содержаний лития, рубидия, цезия и стронция по методике, близкой к разработанной ВИТРом. Эти анализы выполнялись, как и все прошедшие через лабораторию геохимии ландшафтов ЛГУ, Л. Ф. Азаровой и А. А. Тарновским.

Химические анализы применялись для определения валовых содержаний меди, никеля и кобальта и их подвижных форм. Последнее велось в вытяжках двух родов — горячей водной и 1 н. HCl, при объемном соотношении материала пробы к раствору 1 : 20, с настаиванием в течение 12 часов. Пробы для определения валовых содержаний вначале сплавляли в корундовых тиглях, затем растворяли в 10% HCl, отмывали от осадка кремнезема и далее анализировали, как и вытяжки. Определения меди и кобальта велись по методу К. Веригиной (1961) с диэтилдитиокарбаматом натрия в присутствии трилона Б. Определение никеля производилось методом извлечения диметилглиоксами никеля хлороформом и реэкстракцией его кислотой.

МЕТОДЫ, ПРИМЕНЯВШИЕСЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ АНАЛИТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Результаты аналитических определений обрабатывались в следующих направлениях: 1) оценка воспроизводимости анализов; 2) разделение геохимическим методом литологически сходных пород; 3) определение геохимического фона и обоснование границ аномалий; 4) сопоставление содержаний элементов индикаторов в наносах над различными породами. Кроме того, эти же аналитические данные были использованы для оценки устойчивости геохимических аномалий, обоснования горизонта отбора металлометрических и биогеохимических проб.

1. При проведении различных анализов, в частности и полуколичественных спектральных, кроме возможных систематических ошибок определения эти всегда содержат случайные ошибки, вызванные нестабильностью условий самого анализа (отклонения от указанной технологии приготовления и подготовки проб, нестабильности параметров источника, условий сжигания, вариаций в чувствительности пластинок, условий проявления и т. д.). Совокупная величина всех этих ошибок оценивается степенью воспроизводимости анализа, которая рассчитывается статистически. Для этого, пользуясь одним и тем же методом, выполняют ряд определений содержаний элементов в одной и той же эталонной или специальной пробе. Работа эта очень трудоемка, а оценка получаемой ошибки характеризует только аналитические операции и не учитывает возможных ошибок отбора, измельчания и т. д. Поэтому при металлометрических работах воспроизводимость анализов определялась иначе.

При проведении ландшафтно-геохимических работ 1962 г. мы выделили специальные контрольные профили, на которых из одной закопушки одновременно отбирались основные и контрольные пробы. Таким способом было взято 768 пар сопоставляемых проб, которые в лаборатории обрабатывались одними, принятыми для всех анализов, методами. Оценка воспроизводимости производилась путем сопоставления обоих рядов. Совпадение значений содержаний контрольных и основных образцов оценивалось как хорошая воспроизводимость, нахождение содержаний в соседних ступенях — как удовлетворительная.

2. Разделение по геохимическим данным литологически сходных пород может производиться по трем различным признакам.

Во-первых, по абсолютным различиям, т. е. по присутствию какого-либо элемента в породах одной свиты и по его отсутствию, в пределах

чувствительности анализа, в породах другой. При этом имеется в виду, что сравниваемые анализы выполнены в одной и той же лаборатории, со строгим соблюдением всего технологического процесса анализа, принятого в ней для проб этого типа.

Во-вторых, можно пользоваться сопоставлением средних содержаний. В силу неравномерности распределения элемента в породе модальное содержание, определяемое по кривой распределения, может не совпадать со средним содержанием элемента. Мы рекомендуем всегда применять сравнение по средним содержаниям, так как они учитывают характер всей кривой распределения. При этом «ураганные пробы» исключаются при выводе среднего по правилу «трех сигм». Следует помнить, что при полужизненном анализе наши средние в значительной мере условны: они показывают на самом деле только интервал, с указанием той его границы, к которой ближе вероятное среднее значение.

В-третьих, мы применяем сопоставление распределений. Для этого мы пользуемся дисперсией, вычисляемой для обоих рядов анализов сравниваемых пород. Тождественность распределения элемента в обеих породах или, наоборот, четкое различие между распределением его в каждой из них устанавливается с учетом числа степеней свободы каждого ряда проб и значения числа Θ — отношения большей дисперсии к меньшей. По соотношению между числом степеней свободы для каждого ряда находим в таблице Стьюдента «Значения пограничных показателей достоверности» три числа, обозначающие границы достоверности: первое — с вероятностью 95%, второе — 99% и третье — 99,9%. Если найденное из опыта значение числа больше, чем пограничное число, указанное в таблице, то с соответствующим значением вероятности можно утверждать, что мы имеем дело с различными породами. Подробнее можно ознакомиться с этим методом в любом курсе математической статистики, где приводятся и таблицы пограничных значений.

3. Определение границы между аномальными и фоновыми содержаниями. Под аномальными содержаниями в пределах достаточно большой территории мы понимаем такие значения содержаний, которые удалены от модальных и образуют либо второй максимум на кривой распределения, либо затяжной «хвост» в сторону больших значений.

Такие аномально высокие содержания могут появляться в длинных рядах анализов по трем причинам. Во-первых, они могут быть вызваны случайными ошибками анализов; во-вторых, случайным попаданием в отдельные пробы зерен рудных минералов; в-третьих, неравномерностью распределения элемента в почвах или грунтах территории. Нас интересует только третий случай. Для его геохимической интерпретации необходимо прежде всего оценить степень существенности этих отличий от основных содержаний элемента. Однако этого недостаточно. В самом деле, большое количество проб с аномальным содержанием указывает только на значительную неравномерность распределения элемента в пробах. Это, однако, еще не говорит о том, что данные аномальные содержания образуют пространственную группу, т. е. являются геохимическими аномалиями в поисковом понимании. Поэтому второй частью геохимического анализа является рассмотрение распределения аномальных значений на карте металлометрического опробования. Чем большее количество аномальных значений встречено на данной части территории, чем ближе они друг к другу на данном участке, тем больше вероятность того, что мы имеем дело с уклонением в пространственном распределении, вызванном реальным процессом. Первую часть такого анализа мы рассмотрим на примере распределения кобальта на участке отбора по равномерной сети в 360 точках на пространстве 2 км².

Число случаев I гр.	II гр.		Содержание Со,
			%
12	—	· · · · · · · · · · · ·	0,000
16	—	· · · · · · · · · · · ·	0,001
61	—	· · · · · · · · · · · ·	0,003
86	—	· · · · · · · · · · · ·	0,005
18	18	· · · · · · · · · · · ·	0,008
—	92	· · · · · · · · · · · ·	0,010
—	44	· · · · · · · · · · · ·	0,020
—	13	· · · · · · · · · · · ·	0,030

192 168

Средние значения \bar{x}_1 и \bar{x}_2 для каждой группы соответственно равны:

$$\bar{x}_1 = 0,0004\%; \bar{x}_2 = 0,013\%; \bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,009\%;$$

дисперсия первой группы = 4; ср. квадр. 0,0020%;

дисперсия второй группы = 43; ср. квадр. 0,0066%.

Утроенная квадратическая ошибка первой группы (0,006) меньше, чем разность средних (т. е. $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$). Значит, расхождение модальных значений имеет реальное значение и не может быть объяснено ошибками анализа. Тот же результат мы можем проверить, пользуясь критерием Стьюдента. Отношение дисперсий составляет 10,3 при значениях степеней свободы 168 и 192. Из справочных таблиц видно, что достоверность различия между сравниваемыми группами достигает 99,9%. Дальнейший анализ — пространственное распределение групп, близких к значениям второго максимума, мы рассматриваем ниже. Их мы также использовали для построения рабочих карт аномалий, нанося на бланки полученные значения границ.

4. Выявление зависимости геохимических особенностей наносов от подстилающих пород. Для решения этой задачи на геологическую карту наносились данные спектральных анализов проб почв. Выделялись площади, ограниченные основными типами пород. В пределах таких площадей вырезались участки, достаточно удаленные от картированных геологических границ, дабы возможно снизить влияние неточности их нанесения. Из общего числа анализов (свыше 30 000) отбирались в отдельные группы те из них, которые падали на участки, выделенные указанным образом. Полученные группы рассматривались как выборки из генеральной совокупности. Каждая из таких групп обрабатывалась с вычислением средних значений и дисперсий. Различия между группами устанавливались обычными статистическими методами, применявшимися для анализа выборок из генеральной совокупности. Таким образом была построена таблица характерных геохимических признаков для наносов, залегающих на различных породах, и выделены те породы, которые можно картировать по наносам металлометрическим способом.

ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ АНАЛИЗОВ И ОБОСНОВАНИЕ ГРАНИЦ АНОМАЛИЙ

Данные обработки контрольных профилей показали, что подавляющее число анализов лежит в пределах хорошей воспроизводимости, значительная часть в пределах удовлетворительной. Только в редких случаях контрольные и основные пробы расходились более чем на соседний интервал, причем их распределение по площади носит чисто случайный характер. Графики сходимости (сравнительные кривые распределения вероятностей ошибки), полученные в результате анализов

параллельных проб, показывают сопоставимость и соответствие друг другу основного и контрольного профилей как по меди, так и по никелю, кобальту и свинцу (рис. 16). Наибольшие различия между содержаниями контрольного и основного пробоотборов по шкале повторяемости лежат в фоновой части содержаний (т. е. группируются вблизи модальных значений) всех микроэлементов и составляют от 0 до 16% общего числа случаев. В части повышенных содержаний микроэлементов наибольшие расхождения наблюдаются у меди (4% случаев), а у остальных элементов они не превышают 1,5% случаев.

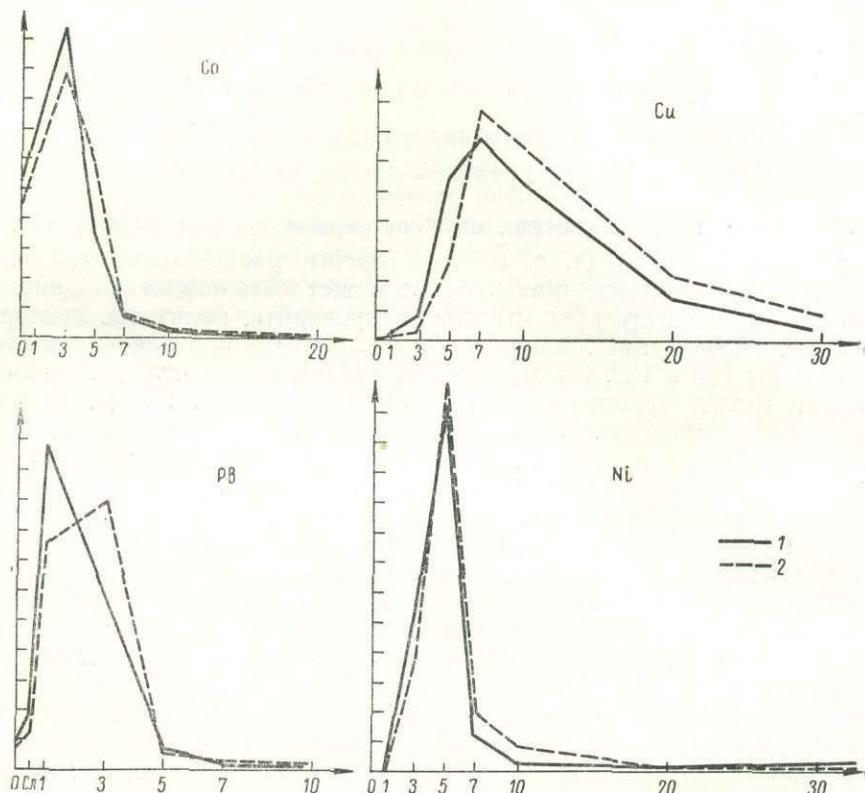


Рис. 16. Графики воспроизводимости анализа по содержанию Со, Сu, Pb, Ni.
1 — основные; 2 — контрольные.

Соответствие данных анализа контрольных и основных профилей определялось не только статистически, но и путем сопоставления их пространственного распределения. Такое рассмотрение дало также близкое совпадение аналитически определенных содержаний по всем указанным элементам. Иными словами, группы повышенных и пониженных содержаний элементов установлены на одних и тех же пикетах как основного, так и контрольного профилей.

Таким образом, можно вполне обоснованно выделять площади повышенных и пониженных содержаний элементов по данным полуколичественных спектральных анализов. Значения границ между фоновыми и аномальными содержаниями, определенные по правилу «трех сигм» и принятые при составлении карты фонов границы аномалий следующие:

	По данным статистической обработки	При нанесении на карту
Cu	0,018	0,020
Ni	0,010	0,020
Co	0,007	0,007
Pb	0,005	0,007

В заключение следует отметить, что граница между фоновыми и аномальными концентрациями у никеля и свинца незначительно превышает уровень ближайшей более низкой ступени содержаний (10 и 5). Поэтому в ряде конкретных случаев мы допускаем проведение нижней границы аномалии по этой ступени, учитывая фактический состав подстилающих коренных пород, о чем см. ниже. Принятые нами границы, подтвержденные тщательным статистическим обоснованием, совпали с теми визуальными границами, которые были приняты нами ранее на основании чисто геохимических соображений.

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЛАВНЫХ ТИПОВ КОРЕННЫХ ПОРОД И НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ ПРИКЛАДНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Произведенное широкое геохимическое опробование всех главнейших разновидностей пород, слагающих изученный район, позволило выявить их геохимические особенности, а также произвести сопоставление геохимических черт пород, однотипных по составу, но различных по возрасту. Это представляет тем больший интерес, что коренные породы являются основным источником, питающим грунтовые воды и почвы различными химическими элементами. В то же время строение и химический состав пород определяют интенсивность миграции и ее конкретные формы, особенно на начальных стадиях формирования почвенного покрова. Среди проанализированных пород выделен целый ряд литологических групп, в описании которых кроме содержания редких и рассеянных элементов, определенных полуколичественным спектральным анализом, приводятся данные по частоте их встречаемости и сравнение их содержания с кларковыми величинами.

Породы карамалыташской свиты

Породы карамалыташской свиты представлены эфузивами кислого и среднего состава, причем заметно преобладают последние. Распределения элементов в них приведены в табл. 20. Кроме того, следует отметить следующее.

Стронций встречен в одной пробе из района Киембая в эпидот-актинолитовом сланце (по диабазу?). Однако эта проба исключена, так как она отличается от всех остальных еще и присутствием иттрия и итербия, а также пониженным содержанием хрома, никеля и кобальта, т. е. явно ошибочно попала в группу карамалыташских пород.

Барий в карамалыташских эфузивах района Киембая отсутствует (т. е. содержится в количестве, меньшем, чем 0,02%), в районе же Джар-Бутака он встречен в количестве 0,08—0,1% в двух пробах амфиболитов (метапорфириотов). Однако они несут следы воздействия гранитов и диоритов: обе содержат молибден, отсутствующий в других пробах, не содержат хрома, а одна из них, кроме того, содержит свинец, необычайно много (0,04%) рубидия и не содержит кобальта. Поэтому обе эти пробы не могут быть отнесены к неизменным карамалыташским эфузивам.

Итак, несомненные карамалыташские эфузивы среднего состава не содержат стронция и бария в количествах, ощущимых примененными спектральными методами. Кислые эфузивы этой свиты также не содержат стронция в количествах, улавливаемых спектральным анализом (с применением спектрографа ИСП-28), а содержание в них бария лежит в интервале 0,01—0,03%, ближе к нижнему пределу.

Таблица 19

Геохимическое сопоставление свит по элементам-индикаторам
(сравниваются каждый из столбцов со столбцом, стоящим справа)

Улутауская	Березовская	Карамалыташская	Улутауская
Сравнение по наличию или отсутствию элементов			
Sr—нет — —	Sr—есть Ba—есть Li, Rb—есть	Sr—нет Ba—нет Li, Rb—нет	— Ba—есть Li, Rb—следы
Сравнение по значению среднего содержания			
Ti—0,158* V—0,090	Ti—0,035 V—0,030	Ti—0,122 V—0,081	Ti—0,158
Сравнение с проверкой по критерию Θ			
Cu—0,025 — Co—0,003 Zr—0,012	Cu—0,004 Cr—0,008 Co—0,001 Zr—0,007	Cu—0,019 Cr—0,036 Co—0,006 Zr—0,010	— Cr—0,005 — —
Аксессорные элементы			
Y, Ba, Mo	Be, Y, Yb, Pb		Y, Ba, Mo

* При этом сопоставлении Улутауской и Березовской свит по Ti — проверять по критерию Θ .

Среднее значение отношения содержания титана в этих породах к содержанию в них же циркония близко к 13. Содержание свинца очень низкое. Для него среднее лежит в интервале 0,0003—0,0010%. В абсолютном большинстве случаев этот элемент не отмечается. Кроме того, часть проб, показавших содержание свинца, либо относится к жилам, секущим карамалыташские эфузивы, и наряду со свинцом содержит следы олова при полном отсутствии никеля и кобальта, либо также относится к секущим жилам и содержит наряду со свинцом барий и молибден, что, как мы уже говорили, не характерно для рассматриваемой свиты.

Особенно следует отметить богатство карамалыташских эфузивов хромом и одновременно неравномерность его распределения: его содержание колеблется от 0 (9% проб) до 0,08% (5% проб). Среднее содержание лежит в интервале 0,03—0,10%, ближе к его началу (0,036%). В этом же интервале, поближе к его средине, лежит и модальное значение (0,030%). Интересно, что хром характерен как для основных, так и кислых эфузивов свиты.

Из всех свит района именно в породах карамалыташской свиты никель достигает наиболее высоких средних содержаний и дает раздвоение модальных содержаний. Это происходит потому, что в кислых породах оно ничтожно и для них характерно первое модальное значение, т. е. 0,003%. Второе модальное значение, соответствующее содержаниям его в основных эфузивах, лежит в интервале 0,01—0,03%, ближе к его средине (0,015%). Среднее содержание никеля во всех по-

родах лежит в интервале 0,01—0,03%, вблизи нижнего предела интервала (0,011%).

Несмотря на мелкие различия, карамалыташские эфузивы района Кiemбай практически тождественны с аналогичными породами Джар-Бутака. Главными их особенностями являются отсутствие стронция и бария при высоком содержании никеля и хрома при очень низком содержании свинца. Кроме того, следует отметить довольно высокую встречаемость цинка при крайне неравномерном его распределении от интервала 0,000—0,001 до 0,030—0,100%.

Породы улутауской свиты

В состав туфо-эфузивной улутауской свиты входят диабазы, порфиры, андезиты, а также лаво-брекчии, туфо-брекчии и туфо-песчаники. Их общая геохимическая характеристика приведена в табл. 20. Отметим следующее.

Таблица 20

Геохимическая характеристика эфузивов трех свит девонского и каменноугольного возраста

Элементы	Карамалыташская			Улутауская			Березовская		
	Среднее	Модальное	Максимальное	Среднее	Модальное	Максимальное	Среднее	Модальное	Максимальное
Li	Ниже предела чувствительности			У предела чувствительности					
Rb	То же			То же			0,002	0,001	0,003
Cu	0,019	0,030	0,050	0,021	0,030	0,050	0,016	0,020	0,030
Be	Не обнаружен			Не обнаружен			0,004	0,006	0,030
Sr	"	"		"	"		0,100 (в 30% проб)	0,022	0,030—0,060
Ba				0,081	0,100	0,500	0,160	0,200	0,300
Zn	Следы в 33% проб			Следы в 20% проб			Редкие следы		
Y	Не обнаружен			0,001 (в 20% проб)			0,001—0,002 (в 30% проб)		
Yb				Не обнаружен			Следы в 20%		
Ga	0,005	0,003*	0,010	0,005	0,010	0,015	0,005	0,006	0,008
Ti	0,122	0,100	0,200	0,158	0,200	0,300	0,035	0,060	0,100
Zr	0,010	0,010	(0,080)	0,012	0,030	(0,080)	0,007	0,010	0,015
Pb	Не характерен			0,002	0,001	(0,030)	0,002	0,002	0,006 (в 60% проб)
V	0,081	0,100	0,200	0,090	0,100	0,200	0,030	0,030	0,060
Cr	0,036	0,030	0,100	0,005	0,010	0,030	0,008	0,010	0,015
Mo	Не обнаружен			0,0006 (в 40% проб)			Не обнаружен		
Co	0,006	0,06	(0,010)	0,003	0,003	0,006	0,001	0,001	0,003
Ni	0,011	0,003	0,030	0,004	0,003	0,010	0,005	0,005	0,800
		0,015							

* Кривая имеет два максимума: главный показатель — в числителе, второй — в знаменателе.

Медь приурочена к порфиритам и развитым по ним корам выветривания. Значительно ниже ее содержание в туфо-лавах, лавах и туфо-песчаниках. Для первых среднее содержание 0,025%, для вторых — 0,017%. Распределение довольно равномерное, так как условная средняя по всей свите (0,021%) близка к модальному значению содержаний (0,030%).

Стронций присутствует в двух пробах из тридцати пяти (7% случаев). При этом одна из этих проб относится к коре выветривания. В ней содержание стронция составляет 0,030%. Вторая же содержит 0,3% стронция, следы иттрия, заметно повышенное количество галлия, (0,01%), почти не содержит никеля и кобальта. Как оказалось, эта проба необычного состава относится к более молодой кварц-эпидотовой секущей жиле. Итак, невыветрелые или слабовыветрелые породы улутауской свиты если и содержат стронций, то в количествах, меньших минимального, необходимого для его обнаружения на спектрографе ИСП-28.

Барий содержится во всех пробах как невыветрелых пород, так и измененных выветриванием. Более детально распределение его по породам может быть охарактеризовано следующими условными средними (%):

Невыветрелые эффузивные породы	0,046
Туфо-брекчи и песчаники	0,022
Выветрелые породы или их коры выветривания	0,340
По свите в целом	0,081

Титан. Подобно барию накапливается в корах выветривания. По типам пород распределение в условных средних (%):

Невыветрелые эффузивные породы	0,074
Туфо-брекчи и песчаники	0,100
Выветрелые породы и кора выветривания	0,470
По свите в целом	0,158

Цирконий также концентрируется в продуктах выветривания, и его распределение по типам пород может быть охарактеризовано следующими данными (%):

Неизмененные эффузивные породы	0,0025
Туфы и туфо-песчаники	0,0031
Выветрелые породы и кора выветривания	0,0320
В среднем породы свиты	0,0120

Свинец хотя и в незначительном количестве, но широко распространен в породах улутауской свиты. Модальное содержание его составляет 0,001% при среднем, расположенному в интервале 0,001—0,003%, близко к его средине (0,002%). Однако в отдельных случаях (7% проб) содержание свинца может подыматься до 0,030%. Такое повышение было встречено в двух пробах и относилось к порфириодам и туфо-брекчиям основного состава. В обоих случаях оно сопровождалось резким увеличением содержаний цинка (0,030%) и хрома (0,020%) — элементов, не характерных для рассматриваемой свиты.

Содержание ванадия различно в различных породах свиты, но колебание средних невелико и составляет (в %):

Неизменные эффузивы	0,090
Туфы и туфо-песчаники	0,114
Кора выветривания и выветрелые породы	0,066

Оценивая эти различия по методу Фишера—Стьюдента, можно сказать, что различия в содержании ванадия в эффузивах и туфах, а также эффузивах и коре выветривания не существенны, т. е. лежат в пределе погрешностей средних. Отличие же между содержанием его в туфах и в коре выветривания хотя и незначительно, но все же выходит за этот предел, т. е. реально.

Из спорадически присутствующих элементов отметим, что в 40% проб встречается молибден, содержание которого (для них) лежит в интервале 0,0003—0,0010% и главным образом приурочено к породам

коры выветривания или кислым лавам. Наконец, в коре выветривания порфиритов изредка встречаются небольшие (не свыше 0,001%) содержания иттрия.

Породы березовской свиты

В составе эффузивов березовской свиты преобладают кислые породы — кварцевые кератофиры, кварцевые альбитофиры и альбитофиры, но встречаются и более основные порфириты. Наряду с ними присутствуют кварц-хлоритовые сланцы и хлоритовые сланцы по порфиритам. Характеристику свиты мы даем в целом, так как ни один из рассматриваемых элементов не показывает какой-либо преимущественной приуроченности к той или иной породе (см. табл. 20).

Медь находится во всех пробах, но содержание ее может значительно колебаться, достигая в альбитофирах и кератофирах 0,06—0,08%. Если исключить эти аномальные значения, то средняя лежит в интервале 0,003—0,010% вблизи его нижнего предела (0,004%). Повышенные содержания меди совпадают с повышенным содержанием молибдена, пониженными содержаниями титана и очень пониженными — никеля и кобальта. Эти же пробы содержат иттрий, иттербий и иногда следы бериллия.

Титан содержится в эффузивах в относительно малых количествах. Среднее лежит в интервале 0,03—0,10%, близко к его средине (0,062%). Он концентрируется преимущественно в метаморфических кварц-хлоритовых породах. Малое число проб (10) не позволяет дать точную числовую характеристику, и можно указать только, что среднее содержание титана в собственно эффузивных (т. е. неметаморфизованных) породах лежит в начале интервала 0,03—0,10% (0,035%), т. е. почти вдвое ниже, чем среднее по свите в целом.

Сporадически в породах березовской свиты присутствуют: бериллий (0,0001% в 30% проб), иттрий (0,001—0,002% в 30% проб), иттербий (сл. в 20% проб); из них только иттербий, может быть, имеет приуроченность к альбитофирам и кварцевым кератофирам.

Геохимический способ разделения эффузивов

Приведенное геохимическое исследование эффузивных пород, принадлежащих к трем разным возрастным группам, позволяет решить практически очень важную задачу (см. табл. 19).

Если какая-либо из пород этих трех комплексов наблюдается в естественном обнажении или достаточно большой горной выработке, то по ее соотношению с другими породами или общим условиям залегания иногда оказывается возможным ее отнесение к той или иной из этих групп. Если же какие-то эффузивные породы пересекаются буровыми скважинами или вскрываются небольшими шурфами и расчистками, то одно их петрографическое изучение не дает достаточных оснований для точного определения их геологического положения. В этом случае можно рекомендовать составить по кернам буровых скважин среднюю или «установленную» пробу, пользуясь методом точечного опробования.

Сравнению подлежит ряд анализов пород неизвестной свиты (не менее чем по 7, а лучше по 10—15 пробам, взятым равномерно по площади или разрезу).

1. Прежде всего проверяется присутствие или отсутствие стронция. Если он встречен, то вероятнее всего порода относится к березовской свите; если его нет, то — или к карамалыташской, или к улутауской.

2. Затем устанавливается присутствие или отсутствие бария. Это определит принадлежность к карамалыташской или улутауской свите.

3. Определяются и сопоставляются содержания титана и ванадия (средние).

4. Вычисляются критерии Θ для содержаний Cu, Cr, Co, Zn.

Отнесение к той или иной свите производится сравнением показателей в указанном порядке.

Геохимические особенности гранитов

Прежде всего остановимся на некоторых особенностях распределения элементов в гранитах. На сложность формирования гранитов и наличие в этом процессе, по меньшей мере двух разных фаз, указывает наличие двойных максимумов на кривой распределения — одного, характеризующего процесс рассеяния элементов в самой магме, и второго — вызванного наложенными процессами. К таким элементам с двойными максимумами на кривых распределения относятся: литий, рубидий, титан, свинец, ванадий, хром.

Появление вторых модальных значений и высоких содержаний лития характерно для гранитов Ушкаты. Здесь вероятное среднее содержание лежит в интервале 0,01—0,03%, ближе к началу интервала (условное среднее 0,015%). В гранитах Джар-Бутака, Киембая и Кумака среднее содержание лития лежит в интервале 0,001—0,003%, а условное среднее колеблется от 0,0011% (Киембай) до 0,0027% (Кумак). Итак, появление второго модального значения и высоких содержаний лития не является результатом «полуколичественности» спектральных анализов, а имеет реальное значение и указывает на развитие литиевого метасоматоза в гранитах Ушкаты.

Повышенное содержание рубидия наблюдается также в ушкатинских гранитах, где его среднее значение лежит в интервале 0,03—0,10%, ближе к началу интервала (условное среднее 0,04%); во всех остальных случаях среднее лежит в интервале 0,01—0,03%.

Второе модальное значение титана (0,06%) проявляется только в гранитах Киембая, что сопровождается вообще повышенным содержанием этого элемента, для которого средняя лежит здесь в интервале 0,03—0,001%, ближе к началу интервала, в то время как в остальных случаях (после исключения одиноких «уроганных» проб) оно составляет 0,001—0,003%. Это позволяет говорить о том, что второе модальное значение реально и выходит за пределы допустимых погрешностей полуколичественного спектрального анализа.

Вторые модальные значения свинца разбросаны случайно. Они сопряжены с появлением «хвостов» высоких содержаний, и потому их реальное значение остается неясным. Только в Ушкатинском массиве, может быть, более высокие содержания свинца связаны с наложенными процессами.

Второе модальное значение содержаний ванадия (0,06%) четко связано с кумакскими гранитами. Наличие в этом же граните еще более высоких содержаний этого элемента (до 0,1%) повышает положение средней до интервала 0,03—0,06% (условное среднее 0,04%), причем на кривой распределения значение 0,06% дает четкий и хорошо выраженный пик.

Второе модальное содержание (0,01%) и повышенные содержания хрома относятся только к гранитам Кумакского района, чем и объясняется малое значение среднего по этому элементу для гранита в целом.

Рассмотрение общей геохимической характеристики гранитов позволяет отметить, что граниты района в целом, как правило, бедны рубидием, бериллием, барием, титаном, оловом, хромом (кроме Кумака).

Они отличаются повышенным содержанием свинца и ванадия. Однако граниты эти геохимически неоднородны. Четко выделяются две характерные группы.

Граниты Ушката показывают повышенное содержание лития и рубидия, иттербия (и иттербия); к ним приурочена наибольшая встречаемость бериллия (до 0,002%) и ниобия (до 0,003%). В биотитовых разностях наблюдается пониженное содержание бария, меди, и совсем не встречено стронция, олова, хрома, марганца, серебра, лантана.

Граниты Кумака показывают повышенное содержание бария, (титана), ванадия, хрома. В них встречаются стронций, (ниобий), марганец, серебро, лантан, наблюдается пониженное содержание лития, рубидия, иттербия, олова. Сравним условные средние содержания элементов в гранитах Ушката и Кумака (%):

	Ушката	Кумак
Li	0,020	0,003
Rb	0,040	0,010
Be	0,0004	0,0001
Sr	Нет	Следы
Ba	0,016	0,044
Y	0,0014	0,0001
Yb	0,0001	Нет
Sn	Нет	Следы
V	0,002	0,04
Cr	Нет	0,007
Pb	0,007	0,003

Граниты Джар-Бутака и Киембая занимают между этими группами промежуточное положение, отличаясь некоторыми индивидуальными чертами, а именно: в гранитах Киембая присутствует стронций, заметно повышенено содержание бария; несколько повышенено содержание свинца. Бериллий встречен только в одной пробе в количестве 0,0001%. В гранитах Джар-Бутака содержится максимальное количество свинца по сравнению с другими гранитами района.

На основании этих геохимических данных можно предполагать, что граниты района содержат в большей или меньшей мере материал вмещающих их пород, чем и объясняется появление в составе гранитов таких необычных для них элементов (Кумак), как ванадий и хром, и обеднение редкими щелочами, барием и бериллием. Принимая этот критерий, можем расположить граниты в следующий ряд — от наиболее чистых к наиболее смешанным. Наиболее чистыми являются граниты Ушката. Проявления в них литиевого метасоматоза и повышенных содержаний бериллия (а в биотитовых разностях — ниobia) позволяет думать, что в этом районе возможны находки пегматитовых жил натрий-литиевого типа.

По-видимому, очень удобной мерой «стерильности» гранитов является содержание в них ванадия, поскольку колебания его содержаний подтверждаются также хромом. Наиболее «гибридным» является гранит района Кумака с его высокими значениями содержаний элементов, необычных для гранитов, и резким снижением содержаний элементов, для гранита обычных.

Условные средние содержания по отношению к кларку:

	Ушката	Киембай	Джар-Бутак	Кумак
V	0,4	4	7	9
Cr	0,0	0,0	1,0	3
Li	2	0,2	0,2	0,2
Rb	1	0,2	0,6	0,4
Be	0,2	0,4	0,15	4

Следует отметить очень важное обстоятельство — высокие содержания свинца в граните. Учитывая его слабую миграционную способность в условиях степной и сухостепной зоны и подзоны, можно рекомендовать этот элемент как индикатор для картирования границ гранитных массивов по данным металлометрической съемки.

Геохимическая характеристика диоритов

Геохимические особенности диоритов, по данным спектрального анализа, могут быть охарактеризованы следующим образом.

По содержанию редких щелочных металлов все диориты района характеризуются недостатком рубидия, среднее содержание которого лежит в интервале 0,001—0,003%, в самом его начале (условное среднее содержание 0,0012%), т. е. количество его в 7 раз ниже обычного кларка. Если учесть, что содержание лития близко к кларку (условное среднее 0,003%), то обращает на себя внимание аномальное отношение $Rb : Li$. Обычное его значение лежит около 3,5, для исследованного же района оно составляет 0,3, т. е. в 10 раз ниже нормы.

Содержания цезия распределены крайне неравномерно. Этот элемент встречен всего в 11% проб, причем только в 4% проб его содержание лежало в интервале 0,0003—0,0010%, во всех же остальных составляло «следы». Сопоставлять эти данные нам не с чем, так как кларк цезия для средних пород, и в частности диоритов, не установлен. По нашим данным, для рассматриваемого района он не может быть больше чем $4 \cdot 10^{-5}\%$, а вероятное отношение $Cs : Li$ не ниже чем 0,02.

По содержанию меди можно выделить две группы диоритов: первой из них соответствует модальное значение содержаний в интервале 0,001—0,003% ближе к верхнему пределу, что соответствует нормальному кларковому содержанию для этих пород. Для второй группы модальное значение значительно выше — оно лежит в интервале 0,01—0,03%, а максимальное достигает 0,04%. Первая группа приурочена к району Киембая. Диориты второй группы представлены в районах Суундака и Домбаровки (единичные пробы).

По содержанию щелочноземельных металлов диориты могут быть охарактеризованы следующим образом.

Стронций распределен очень неравномерно и распространен главным образом в районе Киембая. Его вероятное среднее содержание лежит в интервале 0,003—0,010%, ближе к верхнему пределу (условное среднее — 0,007%), т. е. не менее чем в 8 раз ниже кларкового, а максимальное только в одном случае достигает 0,1%. Таким образом, диориты эти бедны стронцием.

Барий подобно стронцию распределен очень неравномерно, и его среднее содержание лежит в интервале 0,003—0,010% (условное среднее 0,0044%), т. е. оно не менее чем в 6—7 раз ниже нормального и близко к значению для гранитов нашего района.

Отношение условных средних содержаний составляет для диоритов $Sr : Ba = 1,6$. Для пород диоритового характера оно обычно составляет 1,3, что практически то же самое. Следует отметить, что содержания обоих металлов в диоритах и гранитах очень близки.

Цинк встречается в небольших количествах (на пределе чувствительности) почти во всех диоритах района (наиболее часто в Киембайском районе), но встречаемость его невысокая — не выше 20% от общего числа проб.

Из рассеянных металлов третьей группы не установлено присутствие скандия, иттрия и индия, а также всех редких земель. По-видимому несколько повышенено, особенно для диоритов Киембая и Шандаши, со-

держание галлия. Его среднее значение лежит в интервале 0,003—0,010%, очень близко к нижнему пределу интервала (условное среднее 0,004%).

Содержание титана и циркония для рассматриваемых пород аномальное. Максимальное содержание титана лежит в интервале 0,3—1,0%, но оно встречено только в 11% проб, а среднее лежит в интервале 0,1—0,3%, совпадая с модальным, т. е. распределено очень равномерно у самого нижнего предела интервала (условное среднее 0,100%), что почти на порядок ниже кларка для пород обычного диоритового ряда.

Что же касается циркония, то только в 2% проб содержание его достигает 0,06%. Среднее же лежит в интервале 0,003—0,010%, ближе к верхнему пределу (условное среднее 0,008%). Распределение этого элемента очень неравномерно: его содержания в одном и том же массиве колеблются от 0,00 до 0,06%. Следует отметить, что большие значения характерны для диоритов метаморфической полосы.

Свинец встречается в диоритах как исключение (2% проб) в содержаниях до 0,03%. Наибольшим распространением он пользуется в диоритах полосы метаморфических пород, но и здесь он распределен крайне неравномерно, что отображается двойным максимумом на кривой распределения. Среднее содержание лежит в интервале 0,001—0,003%, т. е. близко к кларковому.

Диориты очень богаты ванадием: в 5% проб его содержание лежит в интервале 0,1—0,3% (0,150%), при среднем содержании — в интервале 0,03—0,10% (0,071%), что в 6—7 раз выше кларкового. Кроме того, оно вдвое выше его содержания в гранитах района. Распределение крайне неравномерно и колеблется от 0,001% в окварцованных диоритах до 0,150% в кварцевых диоритах.

Хром показывает высокие содержания (до 0,08% в 6% проб), но в тех случаях, когда диорит сечет осадочные толщи карбона, он может и отсутствовать. Поэтому в зависимости от вмещающих пород разделяется и модальное содержание. Среднее лежит в интервале 0,01—0,03%, ближе к началу интервала (0,0126%), т. е. оно почти вдвое выше кларка. Как это видно из сказанного выше, распределение хрома неравномерно.

Марганец характерен для диоритов метаморфической полосы в районе Кiemбая и Шандashi, где встречается в 70% случаев. Его условные средние значения — 0,04% лежат в интервале 0,03—0,10%, его модальное — 0,03%. Соотношение между средним и модальным указывает на равномерность его распределения.

Содержание никеля в отдельных случаях (3% проб) достигает 0,04%, но среднее содержание лежит в интервале 0,003—0,010%, ближе к его верхнему пределу. Условное среднее составляет 0,0071%.

Как и следовало ожидать, содержания этого металла падают в гранодиоритах до 0,003 и повышаются в собственно диоритах, богатых медью и хромом. Поэтому двойное модальное значение (0,003—0,020%) определяется здесь не пространственным распределением элемента, а присутствием на одном и том же участке диоритов различного типа.

Содержание кобальта в 6% случаев лежит в интервале 0,03—0,10%, ближе к верхнему пределу. Мода выражена очень резко (47% проб), и ей соответствует содержание 0,003%. Поэтому среднее значение (0,0036%) практически совпадает с модальным. Незначительные повышения содержаний на кривой распределения связаны, видимо, с петрологическими особенностями пород.

Общее заключение относительно диоритов может быть сформулировано следующим образом. Во всех диоритах района в пределах чувствительности спектрального анализа не установлено присутствия ит-

трия и иттербия, встречающихся в гранитах. Так же бедны они рубинием, стронцием, барием, титаном, цирконием. Несколько повышенены содержания никеля и кобальта и значительно повышенены содержания ванадия и хрома.

По своему геологическому облику выделяются диориты метаморфической полосы (Килембай—Шандаша) — в них повышенено содержание цинка, галлия, циркония, свинца, (хрома), марганца. В диоритах же, встречающихся вне метаморфической полосы, устанавливается повышенное содержание меди.

ЗАВИСИМОСТЬ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ НАНОСОВ ОТ ПОДСТИЛАЮЩИХ ПОРОД

В исследованном районе наблюдается закономерная зависимость содержания некоторых элементов в почвах от геохимических особенностей подстилающих пород. Для таких сопоставлений нами построены сводные кривые повторяемости значений содержаний элементов, т. е. на один график нанесены кривые распределения меди, серебра, берилля, цинка, олова, свинца, молибдена, кобальта и никеля в пробах почв, перекрывающих породы того или иного типа. По оси ординат нанесены содержания в $10^{-3}\%$, по оси абсцисс — повторяемость содержаний в процентах от общего числа анализов. Если содержание тех или иных элементов в данной группе, как правило, было ниже предела чувствительности анализа, то для того элемента кривая распределения не строилась.

Все элементы, перечисленные выше, по частоте их встречаемости можно разбить на две группы. К группе «А» относятся те из них, которые имеют широкое распространение и варьируют по своим содержаниям в пробах в широких пределах; к группе «Б» отнесены элементы, встречающиеся в определимых количествах относительно редко, и потому они отсутствуют в значительном числе проб. К группе «А» относятся: медь, цинк и никель, встречающиеся в измеримых количествах в 98—100% всех проб. К этой же группе можно отнести свинец и кобальт, содержания которых установлены не менее чем в 60% изучаемых проб. К группе «Б» относятся: олово, молибден, бериллий и серебро, содержание которых в пределах чувствительности приборов установлено не выше чем в 40% проб.

Отмечая, что в наносах элементы закономерно связаны с характером коренных пород, мы вовсе не хотим сказать, что все особенности первичного рассеяния коренных пород буквально повторяются залегающими над ними наносами. Это было бы мало вероятным, во-первых, потому, что переход тех или иных элементов в наносы из коренных пород зависит от миграционной способности каждого элемента; во-вторых, сама возможность миграции и степень ее интенсивности зависит от процесса почвообразования и всей совокупности условий, характеризующих тот или иной геохимический ландшафт. Наши исследования охватили площади распространения верхнепалеозойских серпентинитов, палеозойских дунитов, перидотитов, крупные габброидные массивы, гранитные массивы верхнепалеозойского возраста, нижнекаменноугольные отложения березовской свиты, нижневизейскую песчано-глинистую толщу, верхневизейскую карбонатную толщу, а также площади, занятые девонскими эфузивами.

Анализ взаимоотношений между распределением тех или иных элементов в наносах и типом подстилающих пород мы производим на основе исследования особенностей кривых распределения. Все полученные кривые можно отнести к четырем различным группам: кривые нор-

мального распределения, т. е. с симметричным максимумом; кривые с четко выраженным максимумом, несколько сдвинутым в сторону высоких содержаний; кривые, имеющие продолжения («хвосты») в сторону больших содержаний; наконец, кривые с двумя максимумами. Два первых типа близки к нормальному (гауссовскому) распределению, третий — к логарифмическому, нормальному. Четвертый тип должен рассматриваться как композиция двух законов распределения плотностей вероятностей, т. е. как указывающий на сложный генезис вторичного ореола.

Элементы, дающие кривые распределения нормального типа

Распределение содержаний меди в наносах следует этому закону распределения в тех случаях, когда наносы перекрывают верхнепалеозойские габброиды, верхнепалеозойские интрузии ультраосновных пород, верхнепалеозойские интрузии гранитов, глинистые сланцы и песчаники нижнего карбона, а также карбонатные породы визейского яруса. Максимум расположен почти симметрично, модальное значение определяется не менее чем 45% повторяемости. По абсолютному значению модальное содержание лежит в интервале 0,007—0,010%, и наибольшее содержание меди (0,03%) наблюдается не более чем в 3% проб. Характер распределения и уровень содержания меди не может являться индикатором для обнаружения под наносами пород, перечисленных выше, так как в одну группу попадают разнообразные породы.

Распределение никеля близко к нормальному для двух типов пород — верхнепалеозойских гранитов и глинистопесчаных отложений визейского века. Кривая симметрична с максимумом 40% случаев при 0,005%. На содержания свыше 0,01% падает не более 2% случаев.

Распределение содержания кобальта отвечаетциальному при налегании наносов на верхнепалеозойские граниты и нижневизейские (коралловые) известняки, с хорошо выраженным максимумом (70% случаев) при содержании 0,003%.

Распределение содержания свинца соответствует нормальному во всех случаях, кроме налегания наносов на верхнепалеозойские граниты. Максимумы не совпадают для разных пород, но лежат настолько близко (0,001%, 0,003% и 0,005%), что эти различия не могут служить индикаторами.

Распределение цинка во всех рассмотренных случаях подчиняется нормальному закону с хорошо выраженным максимумом в интервале 0,003—0,005%. Максимальное содержание не поднимается выше 0,01% при повторяемости этой величины до 1%.

Элементы, дающие кривые, близкие к нормальному распределению, но с максимумом, несколько смещенным в сторону больших содержаний

Распределение указанного типа характерно для меди только в случае налегания наносов на верхнепалеозойские интрузии габброидных пород. Максимум четко выражен на содержании 0,02% и сдвинут в сторону высоких содержаний, так как часто встречаются их значения 0,03%.

Распределение этого типа характерно также и для кобальта, причем оно наблюдается, как и в предыдущем случае, в наносах, на верхнепалеозойских габброидах. Максимуму повторяемости — 47% проб — соответствует содержание 0,005%, но имеют место и значения 0,007 и 0,010%, вследствие чего нарушается симметрия кривой.

Элементы, дающие распределение типа логарифмического-нормального

Распределение плотностей вероятности с «хвостом» в сторону высоких содержаний наиболее близко к логнормальному закону. Для меди оно характерно только в случае налегания наносов на девонские эфузивы смешанного состава. При этом, вероятно вследствие грубоści применявшихся аналитических методов, не удалось подметить каких-либо различий, индицирующих возраст эфузивов.

Для никеля распределение этого типа характерно в ряде случаев, а именно: при залегании наносов на габброидах верхнепалеозойского возраста, на известняках визейского возраста и на девонских эфузивах. По величине модальных содержаний можно отметить следующее: в наносах на девонских эфузивах модальное содержание никеля понижено, но в области высоких содержаний («хвост») встречаются такие высокие значения, как 0,02% и 0,20% в каждом случае с повторяемостью не ниже 1%.

Для наносов на габброидах, а также на сланцах нижневизейского возраста модальное содержание составляет 0,01%, причем вдали от ультраосновных массивов (северо-восточная часть района Кумака) содержания 0,20 и 0,03% встречаются более или менее спорадически, в то время как ближе к этим интрузиям (т. е. южнее) имеется ряд участков со смещением максимума или «длинным хвостом» — до значений 0,02—0,03%. Причем для каменноугольных пород эти значения больше, чем для габброидов, и могут достигать в отдельных пробах 0,40%.

Для кобальта распределение этого типа характерно для пород угленосной и березовской свит, а также верхневизейских известняков. Однако особенно четко оно для наносов, перекрывающих девонские эфузивы. В первом случае модальное значение содержаний кобальта составляет 0,003%, а в отдельных пробах достигает 0,007—0,030% (5—6% проб); во втором случае, при том же модальном значении 0,003%, около 20% случаев падает на содержания до 0,030%.

Для свинца распределение рассматриваемого типа встречено только в наносах на верхнепалеозойских гранитах. Для них содержания в 0,01% встречаются в 28% проб (против 4% во всех остальных наносах), в «хвостах» же наблюдаются значения до 0,030%, особенно в зонах контактов гранита и диорита.

Кривые, указывающие на композицию законов распределения

К этому типу распределения плотностей вероятностей относятся кривые с двумя раздельными максимумами. Все эти случаи характерны для наносов, залегающих либо на верхнепалеозойских дунитах и перидотитах (и, может быть, на пироксенитах), или на массивах палеозойских серпентинитов.

Для почв на серпентинизированных дунитах никель при модальном содержании около 0,010% дает кривую распределения, сильно вытянутую в сторону высоких содержаний. На этой кривой имеются два максимума: при 0,007% и при 0,300%; кобальт характеризуется аналогичным распределением. И здесь оба максимума четко разделяются даже при полукачественном определении содержаний, а именно: первый максимум лежит при 0,003%, а второй — при 0,010%. Следует отметить, что пробы с повышенным содержанием никеля одновременно содержат и много кобальта.

Для почв на палеозойских серпентинитах никель дает распределение с четко раздельными максимумами при 0,030 и 0,300%. Особенность хо-

рошо это выражено на области распространения серпентинитов вдоль северного края Киембаевского ультраосновного массива, ограниченного изолинией содержаний никеля 0,100%, с местными максимумами его до 0,300—0,700%. В этих же пробах наблюдается и повышенное содержание кобальта. Кобальт дает распределение, вполне аналогичное никелю. И для него мы имеем два раздельных максимума со значениями содержаний в 0,005 и 0,010%, при отдельных значениях до 0,050%, в пределах того же поля аномалий.

Произведенное сопоставление геохимических особенностей и наносов с типом подстилающих пород принимало во внимание только один фактор — миграцию ряда элементов из области первичного рассеяния в наносы. Мы не учитывали ни особенностей геохимического ландшафта, ни процессов почвообразования. Поэтому тот факт, что, несмотря на такое упрощение, все же связь между подстилающими породами и наносами оказалась реальной, показывает, что главными факторами миграции являются именно первичное рассеяние в коренных породах и общеzonальные географические условия. Поэтому изучаемую территорию можно в отношении геохимических поисков характеризовать как благоприятную. В ее пределах мы можем ожидать тесную связь между геохимическими особенностями коренных пород, наносов, почв и растений, особенно в области элювиальных геохимических ландшафтов.

Геохимическое соответствие между коренными породами, с одной стороны, и перекрывающими наносами, с другой стороны, в некоторых случаях может быть использовано при геологическом картировании в так называемых «закрытых районах», т. е. на территориях с довольно мощным покровом рыхлых отложений. Для этого следует пользоваться табл. 19 и 20, в которых собраны все характерные признаки, перечисленные выше, и выделены элементы индикатора, указывающие на присутствие под наносами тех или иных коренных пород. Переход от одного типа индикаторов к другому означает переход от одной группы коренных пород к другой, и потому ему соответствует картируемая геологическая граница.

В условиях Юго-Восточного Зауралья достаточно точно картируются перекрытия наносами, мощностью до нескольких метров, контакты:

- 1) между каменноугольными осадочными и туфогенными породами и основными интрузивными или эффузивными породами другого возраста;
- 2) между аналогичными каменноугольными породами и ультраосновными породами;
- 3) области развития гидротермальных жильных тел внутри гранитных массивов.

Геохимический метод может быть использован и для уточнения геофизических данных. Так, например, если интенсивные магнитные аномалии указывают на присутствие массивов ультраосновных пород, то пересечение контура геофизической аномалии с границей геохимической аномалии картирует область погружения тела ультраосновных пород под породы другого петрографического или литологического состава.

ХАРАКТЕР ВТОРИЧНОГО РАССЕЯНИЯ И УРОВЕНЬ НАТУРАЛЬНОГО ФОНА В ГОРИЗОНТЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ

При изучении вторичного рассеяния и определении уровня натурального фона мы сравниваем средние значения концентраций тех или иных элементов в наносах в пределах распространения различных возрастных формаций, а внутри них — в зонах развития литологических разностей пород. В качестве геологической основы для таких сравне-

Таблица 21

Характеристика кривых повторяемости и выделение элементов-индикаторов

Группа элементов	Элементы	Количество проб							
		155	39	84	376	159	34	172	1505
		Свиты							
		ψPz_3	ΣPz_3	νPz_3	γPz_3	$C_1 t_1 h C_1$	$C_1 t - v_1 \alpha$	$C_1 t - v_1 \delta$	$\beta \mu D$
A	Cu	N	N	>	N	N	N	N	[X]
	Ni	M	M	X	N	N	X	X	X
	Co	M	M	>	N	X	N	X	[X]
	Pb	N	N	N	[X]	N	N	N	N
	Zn	N	N	N	N	N	N	N	N
Б	Sn	[+]			[+]				
	Mo				[+]				[+]
	Be								[+]



элементы-индикаторы.

N кривые повторяемости нормального типа,

> кривые повторяемости с максимумом, смещенным в сторону высоких содержаний.

X кривые повторяемости логарифмического типа.

M кривые повторяемости композиционного типа.

+ присутствие элементов в значительной части проб.

Индексация свит соответствует их обозначениям на картах Я. Вецлера и М. Лозового.

ний использовались: для восточной части территории — карты Я. Вецлера и М. Лозового для района Кумака с уточнениями, внесенными Оренбургским геологическим управлением, к моменту начала наших работ; для западной территории мы пользовались картой геологов работавших здесь съемочных партий того же управления. Общая площадь, для которой исследовался фон, составляет 3000 км². На ее пространстве размещено по равномерной сети 38 000 точек отбора проб, прошедших спектральный анализ. В процессе такой обработки выяснилось, что некоторым разнородным группам пород, граничащим друг с другом на геологической карте, соответствуют равные уровни фона. В этом случае мы объединяли такие участки, картируя их только по признаку равенства фонов.

Поле вторичного рассеяния меди

Фоновые содержания меди сильно варьируют как в зависимости от подстилающих пород, так и от конкретной ландшафтно-геохимической обстановки. Наиболее высокий натуальный фон соответствует участ-

кам распространения маломощных наносов и кор выветривания элювиальных геохимических ландшафтов в области распространения девонских эфузивов. В таких местах уровень фона достигает 0,200%. Площади такого типа обычны в районе пос. Кумак. Здесь к ним примыкают также площади распространения диоритов и ультраосновных пород с тем же уровнем фона. Аналогичные значения его имеет и поле кварцевых жил, примыкающее к этой территории с запада. Отдельный небольшой участок с такими же высокими содержаниями меди в коре выветривания, являющейся здесь почвообразующей породой, найден в 5—6 км от пос. Кумак, вниз по течению р. Кумак. Здесь под относительно тонким слоем наносов выходят ультраосновные породы.

С востока и севера к этому обширному полю фона повышенного уровня примыкает область с фоновым содержанием меди 0,010%, соответствующая (частично) озерно-делювиальной равнине, с относительно большей мощностью наносов, расположенной в области развития каменноугольных, не метаморфизованных отложений. Здесь, однако, возможно искусственное усреднение уровня фона, так как именно здесь расположены большие массивы пашен, издавна используемые под посевы зерновых культур.

С юго-запада к области максимального значения фона примыкает большая площадь (характеризуемая уровнем фона 0,007%), охватывающая всю западную часть территории. Здесь развиты разнообразные породы, перекрытые переотложенными корами выветривания и делювиально-элювиальными наносами. Наносы, наиболее бедные медью, располагаются на метаморфических гранитизированных породах карбона, причем характерный для них уровень фона 0,005% наблюдается как в случае мощных толщ наносов, так и при их ничтожной толщине.

В пределах этого однообразного пространства с очень несложно построенным полем рассеяния был выделен ряд аномалий. На площадях высоких значений фона они очень нечетки и расплывчаты. Только в местах контактов эфузивов с диоритами наблюдаются хорошо выраженные аномалии содержаний меди — до 0,040%. Из них наиболее четкие аномалии вырисовываются на четырех участках.

1. Вниз по течению р. Кумак, от места впадения в нее р. Жарлы. В этой, так называемой северной Акжарской группе они приурочены к корам выветривания эфузивных пород.

2. На Орь-Кумакском водоразделе, в верховьях р. Каменки, в 20 км на восток от пос. Акжарского. Здесь выделяется большая группа резко выраженных аномалий, приуроченная к области развития коры выветривания на эфузивах, при мощности коры свыше 5 м. Уровень аномалии — 0,020%. В ее контуре встречаются содержания меди до 0,050%, а по более поздним данным до 0,700%.

3. На юге территории, к западу от большого Киембаевского массива ультраосновных пород, располагается большое пространство, в пределах которого широко развиты супераквальные и гидроморфные ландшафты. Здесь на разнообразном геологическом субстрате встречаются многочисленные, очень ограниченные по площади и неравномерно разбросанные аномалии с уровнями содержаний 0,030—0,040%, обусловленные неравномерностью условий миграции в ландшафтах указанного типа. Относительно высокий фон в пределах этого пространства обусловлен широким развитием эфузивных пород.

4. К востоку от пос. Кумак, как мы говорили выше, находятся четко выраженные аномалии с содержанием меди до 0,040%, приуроченные к контакту эфузивов и диоритов (см. рис. 21).

Поле вторичного рассеяния никеля

Это поле построено более закономерно и отличается равномерностью. Большая часть территории имеет уровень фона 0,005%, на северо-востоке лежит ограниченная площадь с фоновыми содержаниями 0,007—0,010%. Она приурочена к четвертичным и каменноугольным отложениям и относится к пахотным угодьям. На западе выделяется район распространения эфузивов, которому соответствует повышение фона до 0,007%. На местах выходов гранитов, в условиях ортоэлювиальных ландшафтов с незначительными мощностями наносов, фоновые содержания падают до 0,005%. Местные повышения фона до 0,010—0,020% наблюдаются независимо от характера почв и общих ландшафтных условий всюду, где наносы подстилаются ультраосновными породами.

На этом однообразном фоне распределения никеля в наносах выделяются очень четкие аномалии, а именно:

1. Группа аномально высоких содержаний никеля вдоль древней долины р. Орь, приуроченная к ее аллювию. Содержание никеля достигает здесь 0,007—0,020%, образуя небольшие разобщенные аномалии.

2. Аналогично меди никель дает аномально высокие содержания в наносах в выделенной выше южноакжарской аномалии. Уровень ее достигает здесь 0,100%.

3. Очень резко выраженная аномалия отвечает пластовой интрузии ультраосновных пород на юге территории. Она повторяет форму тела, т. е. имеет линейный субмеридиональный характер. Содержания никеля достигают в наносах 0,400%. Она совпадает как с естественными выходами ультраосновных пород, так и с контуром аномалии вертикальной составляющей магнитного поля вне контура выходов, т. е. на площади слепого залегания этого тела. Восточнее расположена менее интенсивная, но тоже вполне четкая аномалия (подтверждаемая геофизическими данными) с уровнем 0,050%.

4. Еще восточнее лежит обширная, очень интенсивная аномалия с уровнем 0,700%, ограничивающая с севера край Киембаевского массива серпентинитов. И здесь она совпадает с контуром магнитной аномалии.

5. Ряд интенсивных аномалий (до 0,300%) расположен на ортоэлювиальных ландшафтах в области развития остаточных кор выветривания на серпентинитах и перidotитах на участках пенеплена. Сюда относятся: аномалия в бассейне южного притока р. Кукпыкты и две аномалии в районе пос. Тыкаша.

6. Особое место занимают аномалии над контактом эфузивов и диоритов, отмеченные выше и для меди. Ее уровень — 0,030—0,050%.

Поле вторичного рассеяния кобальта

Поле рассеяния кобальта по своей структуре очень близко к полю рассеяния никеля, что, конечно, объясняется единством источника миграции для обоих элементов. Главная его область, совпадающая в своих существенных чертах с соответствующей частью поля рассеяния никеля, имеет уровень 0,003%. С востока к ней примыкает поле более высоких фоновых содержаний 0,005—0,007%, т. е. граничащих с обычными аномальными значениями. В пределах западной части полю пониженных содержаний никеля соответствует также и поле пониженного уровня кобальта (0,003%). На выходах гранитов в его пределах лежат отрицательные аномалии с содержаниями кобальта ниже предела чувствительности анализа. На юге территории с полем повышенного фона меди совпадает и повышение уровня фона кобальта до 0,005%.

Кобальтовые аномалии образуют несколько отчетливо выделяющихся групп. Наиболее крупная группа образует полосу, приуроченную к Акжарским аномалиям меди и никеля. В северной части этой полосы содержание кобальта достигает 0,015% при фоне 0,003%, южнее наблюдаются разрозненные пятна с содержанием кобальта до 0,020%. Остальные кобальтовые аномалии совпадают с перечисленными выше аномалиями по никелю.

Поле вторичного рассеяния цинка

Для распределения фоновых содержаний цинка характерно: в восточной половине территории, к востоку от неоднократно упоминавшейся полосы Акжарских аномалий, — очень равномерное по содержанию элемента поле рассеяния с уровнем 0,005%. Наоборот, западная половина территории, с таким же равномерным рассеянием, характеризуется уровнем 0,007%. Это связано с развитием на западе супераквальных ландшафтов на эфузивных породах. По этой же причине на ограниченных участках выходов гранитов, с которыми совпадают ортоэлювиальные ландшафты, фон бывает значительно ниже. Западное поле с высоким уровнем фона прорезано субмеридиональной долиной р. Акжарки, где в пределах гидроморфных ландшафтов фон падает до 0,005%. Частично это может быть обусловлено тем, что здесь выходят породы глинисто- песчаной толщи нижнего карбона. Уровень содержаний для этой полосы — 0,003—0,005%.

Четкие аномалии содержаний цинка совпадают с указанными выше аномалиями по никелю, кобальту и меди. К ним относятся: северная часть полосы Акжарских аномалий с уровнем 0,010%, южная часть этой же полосы с уровнем 0,030%, поле многочисленных ограниченных и разрозненных аномалий с содержаниями до 0,010%, приуроченное к области аналогичного рассеяния меди, никеля и кобальта, на юге территории. Обращает на себя внимание четкая аномалия (0,010%) по цинку, расположенная в бассейне р. Кукпыкты и совпадающая с аналогичными аномалиями по перечисленным ранее элементам. Она приурочена к контакту эфузивов и диоритов.

Поле вторичного рассеяния свинца

Западная половина территории занята полем рассеяния свинца с уровнем его содержаний 0,003%. Местные повышения фона связаны с выходами гранитов. На эфузивах в центральной части Орь-Кумакского водораздела уровень фона снижается до 0,002%, кроме крайнего юга Акжарской полосы аномалий, где поле делается более неспокойным и значения фона местами достигают 0,005%. На востоке рассматриваемой площади, как и на западе, преобладают содержания свинца до 0,003%, с падением его на всех ультраосновных породах и на эфузивах до 0,002%, независимо от того, в каком ландшафте располагался пункт отбора — элювиальном или супераквальном. Наибольшая пестрота фоновых содержаний с местными повышениями до 0,005% относится к юго-востоку территории, к местам, где широким распространением пользуются граниты и диориты.

Как и в остальных случаях, для свинца намечается некоторое повышение фона (до 0,005%) в северо-восточной части, где преобладают поля сплошной распашки под злаковые культуры. Аномалии по свинцу не образуют больших площадей, и уровни их невысоки, однако они узко локализованы. Здесь прослеживается: группа аномалий, приуроченная к гранитному массиву, расположенному восточнее р. Котансу

(максимальное содержание свинца в пробах достигает 0,020—0,030%); аномалия расположенная к северу от пос. Кумак, в области «универсальной дайки» (содержания свинца достигают 0,010%); небольшое поле к западу от пос. Кумак, совпадающее с участком развития кварцевых жил в районе мелкосопочника.

Подводя итоги рассмотрению распределения некоторых элементов в горизонте опробования, т. е. на глубине 10—30 см, можно отметить следующее:

1. Все элементы образуют обширные поля рассеяния с очень небольшими вариациями их уровней.

2. Для меди уровень поля рассеяния связан как с подстилающими породами, так и с обстановкой миграции, т. е. процессом почвообразования и рассеяния элемента в зависимости от конкретной ландшафтно-геохимической обстановки: медь образует остаточные ореолы в коре выветривания и менее четкие миграционные ореолы в условиях супераквальных геохимических ландшафтов.

3. Для никеля уровень полей рассеяния определяется в элювиальных ландшафтах подстилающими породами с резким увеличением фоновых содержаний над массивами серпентинитов и перidotитов, в супераквальных и гидроморфных условиях — потоками рассеяния, идущими от ультраосновных и габброидных массивов по долинам и аллювиальным шлейфам.

4. Для кобальта сохраняются все особенности, отмеченные для никеля, кроме одной: он не образует повышенных содержаний в потоках рассеяния.

5. Для цинка характерно равномерное рассеяние и относительно слабая зависимость от геохимических ландшафтных условий, кроме гидрогенных, в которых он может давать длинные потоки рассеяния (южная и северная части Акжарской полосы аномалий).

6. Для свинца характерны однообразные широкие поля рассеяния с очень низким уровнем (не более 0,003%), кроме ортоэлювиальных ландшафтов (даже с не очень хорошо развитыми корами выветривания — бассейн Котансу) над гранитными массивами, где уровни фона резко повышаются. Однако локальность таких повышенных полей, приближающая их по характеру к аномалиям, показывает, что свинец в миграции особенной роли не играет и его концентрации располагаются невдалеке от источника этого элемента.

Таким образом, если характер кривых распределения зависит в первую очередь от геохимии подстилающих пород и общезональных географических факторов, то уровни фона показывают определенную связь с типом геохимического ландшафта.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВАЛОВЫХ СОДЕРЖАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ В РАЗРЕЗЕ ПОЧВ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

Рассматривая характер поля рассеяния, мы оперировали с валовыми содержаниями элементов, сосредоточенных только в слое геохимического опробования. Осталось неясным, каково распределение этих элементов в вертикальном разрезе почв. Иными словами, вправе ли мы широко обобщать выводы, полученные по опробованию одного горизонта почв различного типа. Чтобы выяснить это, мы использовали данные анализов почв, в которых было произведено послойное опробование. В табл. 22 приведены результаты спектрального анализа для содержаний меди, кобальта, никеля, свинца и цинка. Опробование по верхнему горизонту до 40 см для меди применимо во всех случаях.

Таблица 22

Содержание металлов в почвах по данным спектрального анализа, %

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Cu	Co	Ni	Pb	Zn
Разрез 205. Темно-каштановая супесчаная						
A	0—20	0,007	0,003	0,007	0,005	0,007
B ₁	40—50	0,007	0,003	0,010	0,005	0,010
B ₂ карб	70—80	0,005	0,003	0,007	0,005	—
C	100—110	0,003	0,003	0,007	0,003	0,003
Разрез 51. Темно-каштановая суглинистая						
A	0—15	0,007	—	0,005	0,003	0,005
A	17—26	0,010	0,003	0,007	0,005	0,005
B	40—50	0,010	0,003	0,007	0,005	0,007
C	100—110	0,007	—	0,005	0,003	—
C	130—140	0,007	—	0,005	0,003	—
C	170—180	0,010	0,003	0,007	0,005	0,005
Разрез 16. Темно-каштановая глинистая						
A	0—20	0,007	0,003	0,007	0,002	0,005
B ₁	30—40	0,007	0,003	0,007	0,003	0,007
B ₂ карб	60—70	0,005	0,005	0,007	0,002	—
C	80—90	0,007	0,003	0,007	0,005	0,010
C	110—120	0,005	0,005	0,007	0,002	—
Разрез 216. Солонце на коре выветривания						
A	0—10	0,005	0,003	0,005	0,005	0,005
B ₁	10—20	0,010	0,003	0,007	0,005	0,007
B ₂	30—40	0,010	—	0,007	0,007	0,007
B ₂	50—60	0,010	—	0,007	0,007	0,007
C	70—80	0,020	0,010	0,010	0,010	0,007
C	90—100	0,020	0,030	0,010	0,030	0,010

В солонце на коре выветривания повышение содержаний меди начинается только на глубине 70 см, которая, конечно, не может быть рекомендована для массовых поисковых геохимических работ.

Кобальт только в солонце на остаточной коре выветривания дает значительное повышение концентрации против горизонта опробования, но только на глубине 90—100 см. Никель распределен более равномерно. Максимальная его концентрация установлена в горизонте 70—100 см. Свинец показывает значительное отклонение по сравнению с горизонтом опробования для глубины 90—100 см в солонце на остаточной коре. Цинк даже в этих условиях распределен достаточно равномерно, чтобы для него можно было бы пользоваться тем же горизонтом отбора.

Эти результаты показывают, что принятый нами горизонт опробования для массовых геохимических поисковых работ можно считать достаточно представительным, кроме некоторых случаев, к которым относится распределение металлов в остаточных корах. Для того чтобы выяснить, не может ли это привести к пропуску аномалии при использовании принятым горизонтом опробования, нами были отобраны пробы из почв на аномалии с высоким уровнем содержаний всех трех металлов. Эта аномалия лежит в полосе Акжарских участков высокого фона и характеризуется широким развитием солонцов на остаточной коре эфузивов. Данные приведены в табл. 23.

Наиболее показательным является разрез 70, в котором содержания меди постепенно увеличиваются в глубоких горизонтах, однако и в двух

Таблица 23

Валовое содержание меди, кобальта и никеля в почвах по данным спектрального и химического анализов, %

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Cu		Co		Ni	
		спектраль- ный	химиче- ский	спектраль- ный	химиче- ский	спект- ральный	хими- ческий
Разрез 70. Солонец солончаковый							
A	0—6	0,030	0,016	0,015	0,014	0,010	0,008
B ₁	6—20	0,035	0,017	0,010	0,014	0,010	0,008
B ₂ карб	20—40	0,040	0,019	0,005	0,006	0,007	—
C	40—60	0,045	0,023	0,007	0,005	0,010	0,006
C	60—80	0,040	0,024	0,010	0,008	0,008	0,008
C	80—100	0,030	0,028	0,005	0,007	0,005	0,009
C	100—120	0,030	0,028	0,005	0,008	0,006	0,008
C	120—140	—	0,030	—	0,004	—	0,007
C	140—160	0,030	0,026	0,006	0,005	0,005	0,006
C	160—180	—	0,029	—	0,010	—	0,007
Разрез 71. Солонец корковый, эродированный							
A	0—3	0,015	0,006	0,007	0,008	0,008	0,005
B ₁	5—15	0,030	0,007	0,007	0,008	0,025	0,006
B ₂ карб	25—35	0,025	0,006	0,006	0,007	0,015	0,006
BC ₂ карб	55—65	0,025	0,006	0,007	0,007	0,020	0,008
C	90—100	0,025	0,005	0,005	0,007	0,025	0,008
C	120—130	0,020	0,005	0,006	0,008	0,025	0,009
C	160—170	0,020	0,006	0,005	0,010	0,020	0,010
Разрез 73. Темно-каштановая осолоделая							
A	0—11	0,020	0,009	0,005	0,008	0,005	0,006
A	15—25	0,020	0,010	0,008	0,008	0,007	0,007
A ₂ B	29—39	0,025	0,009	0,007	0,010	0,008	0,007
B ₁	40—50	0,015	0,008	0,005	0,007	0,007	0,006
B ₂ карб	60—70	0,025	0,006	0,006	0,008	0,006	0,006
BC ₂ карб	115—125	0,030	0,006	0,006	0,006	0,007	0,004
C	140—160	—	0,020	—	0,012	—	0,006

верхних горизонтах содержания меди и кобальта достаточно высоки, чтобы определить их как аномальные.

Все вышеизложенное позволяет рекомендовать для проведения металлометрических поисковых работ в нашем и аналогичном районах опробование по горизонту 10—30 см. Это не противоречит известным закономерностям распределения элементов в профиле степных и особенно сухостепных почв, поскольку здесь нельзя ожидать интенсивного выщелачивания металлов в процессе почвообразования.

ФОРМЫ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И ГРУНТАХ

При проведении работ по геохимическим поискам с целью выявления характера геохимических аномалий существенно знать, в каких именно формах (фазах) содержатся элементы в данных почвах и почвообразующих породах. Изучение этого вопроса производилось как на специальных почвенных разрезах, так и при площадном геохимическом исследовании территории по стандартному горизонту отбора. Как указывалось выше, для определения фазового состояния применялись вытяжки двух родов: горячая водная, и кислотная. Прежде чем перейти к рассмотрению данных, полученных для более жесткой кислотной вытяжки, мы можем сразу же указать, что при обработке горячей водой проб почв с наибольшим содержанием металлов (разрез 70) в

водную вытяжку переходили только ничтожные количества меди (не свыше 0,0001%) и лишь следы никеля и кобальта. Иными словами, эти металлы практически не входят здесь в состав почвенного раствора.

Рассматривая результаты обработки почвенных образцов кислотным раствором, предварительно необходимо отметить, что наличие тех или иных металлов в солянокислой вытяжке может быть результатом трех причин: либо ионы металлов находились в сорбированном состоянии и вытеснены из поглощенного комплекса, либо они перешли в раствор из сульфидов, неустойчивых по отношению к HCl, либо, наконец,

Таблица 24

Содержание подвижных меди, кобальта и никеля в почвах на древней коре выветривания, %

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Подвижная медь		Подвижный кобальт		Подвижный никель	
		Абсолют- ные со- держания	От обще- го содер- жания	Абсолютные содержания	От обще- го содер- жания	Абсолютные содержания	От обще- го содер- жания
Разрез 70. Солонец солончаковый							
A	0—6	0,033	20	0,026	19	0,014	18
B ₁	6—20	0,032	19	0,036	26	0,015	20
B ₂ карб	20—40	0,016	8	0,024	40	0,008	—
C	40—60	0,005	2	0,012	24	0,003	5
C	60—80	0,006	2	0,010	12	0,002	3
C	80—100	0,007	2	0,014	20	0,004	4
C	100—120	0,006	2	0,014	17	0,004	5
C	120—140	0,006	2	0,005	12	0,003	4
C	140—160	0,004	2	0,004	8	0,002	4
C	160—180	0,005	2	0,007	7	0,002	4
Разрез 71. Солонец корковый							
A	0—3	0,012	19	0,018	22	0,009	18
B ₁	5—15	0,019	27	0,018	22	0,020	31
B ₂ карб	25—35	0,014	21	0,014	19	0,014	22
C ₂ карб	55—65	0,012	21	0,007	10	0,010	14
C	90—100	0,007	15	0,010	14	0,008	10
C	120—130	0,009	17	0,008	10	0,008	9
C	160—170	0,006	11	0,009	9	0,007	8
Разрез 73. Темно-каштановая осоледелая							
A	0—11	0,018	20	0,016	20	0,008	13
A	15—25	0,018	19	0,013	17	0,008	12
A ₂ B	29—39	0,012	13	0,012	12	0,006	9
B ₁	40—50	0,010	13	0,001	15	0,008	13
B ₂ карб	60—70	0,012	21	0,008	11	0,009	16
C ₂ карб	115—125	0,014	21	0,005	8	0,011	25
C	140—160	0,007	4	0,006	5	0,002	4

они попали из силикатной решетки гидрохлоритов, также разлагающихся этой кислотой. Вероятность того, что они находились в сорбированном состоянии, максимальная в том случае, когда имеется коррелятивная или, как это иногда бывает, даже прямая линейная зависимость между содержанием ионов металлов и содержанием в породе глинистой фракции.

Эта зависимость обнаруживается при прослеживании распределения подвижных металлов по профилю почв. Наибольшее их содержание отмечено в горизонтах A₁ и B, т. е. в горизонтах наибольшего накопления гумуса и илистой фракции (табл. 24).

Характер распределения металлов и их содержания показывает, что они находятся в почве в преимущественно сорбированной форме.

Определения подвижных металлов были проведены и для образцов, отобранных на значительной площади металлометрической съемки. Приведем соответствующие средние содержания валовых и подвижных меди, кобальта и никеля, %:

	Валовое	Подвижное
Cu	0,0181	0,0018
Co	0,0060	0,0006
Ni	0,0046	0,0003

Эти обобщенные результаты показывают невысокое содержание подвижных металлов, что свидетельствует о преимущественном их содержании в кластической форме.

Рассматривая приведенный выше аналитический материал, можно заключить, что наибольшие содержания подвижных меди, никеля и кобальта относятся либо к гумусовому, либо к иллювиальному горизонту, т. е. в обоих случаях к слоям с максимальным содержанием глинистых частиц. При этом их содержание не превышает 20% от общего содержания. Поэтому как в почвах, так и в почвообразующих породах изученной территории основной формой содержания меди, никеля и кобальта является форма кластическая. На втором месте стоит сорбированная. В основной форме содержится от 70 до 90% указанных металлов.

СТЕПЕНЬ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

Вопрос об устойчивости геохимических аномалий возник после опытных работ, проводившихся Союзным геофизическим трестом в районе Гайского месторождения. Данные этих работ дали основание предполагать, что металлометрические аномалии подвержены сезонным колебаниям. Поскольку имелись такие указания для смежного района, нам казалось необходимым проверить возможность такого явления и на нашей территории. На одной из Акжарских аномалий была заложена для этого опытная площадка размером 2 км². На ней были разбиты профили через 200 м вдоль длинной стороны площадки и на них размечены через 20 м точки повторных отборов, которые были выполнены в июне, июле, августе и сентябре 1962 г. Первый отбор произведен при сильно обводненных почвах, еще напитанных водами таяния; второй пришелся на самое засушливое время, после более чем месячного бездождного перерыва; третий выполнен в начале осенних дождей и, наконец, четвертый — снова в момент осеннего переувлажнения.

На изученном участке по типу миграционных процессов выделяются следующие геохимические ландшафты: ортоэлювиальные автономные и ортоэлювиальные транзитные. Первые характеризуются явным преобладанием вертикальных направлений миграции, вторые — значительной ролью горизонтальной миграции. Их, в зависимости от происхождения вод и возможных размеров смещений ореолов рассеяния и т. д., можно подразделить в свою очередь на две подгруппы: к первой мы относим ортоэлювиальные транзитные независимые ландшафты, в которых миграционный поток обусловлен выносом из автономного ландшафта солей, растворимых в атмосферных водах, ко второй — ортоэлювиальных транзитных слабоподчиненных ландшафтов — относятся все случаи, в которых наравне с переносом атмосферными водами осуществляется и горизонтальный перенос за счет некоторого обычно слабого подтока поверхности грунтовых вод. Очевидно, что последняя подгруппа стоит как бы в интервале между элювиальным и супераквальным ландшафтом.

Граница между ортоэлювиальными транзитными автономными независимыми и слабозависимыми ландшафтами в достаточной мере условна. Мы проводим ее по распространению гидроморфных солончаков с Obionia, так как этот признак хорошо выдерживается на всей территории. Дальнейшее подразделение ортоэлювиальных ландшафтов осуществляется по характеру субстрата и связанными с ним особенностями растительного и почвенного покрова.

По характеру пород и миграции в них в пределах участка выделяются орто-супераквальные ландшафты, являющиеся, несомненно, транзитными. При этом наиболее глубокая часть долины выделяется в супераквальный транзитный подчиненный ландшафт, а менее врезанные борта долины — как супераквальный транзитный слабоподчиненный ландшафт. По геохимической истории они могут быть отнесены к гетерогенным вторичным ландшафтам, так как анализ их вертикального профиля показывает, что осуществлявшийся ранее элювиальный режим в его пределах сменился режимом гидроморфным. Каждый из выделенных супераквальных ландшафтов характеризуется определенным типом субстрата, почв, растительного покрова и т. д.

Прежде всего рассмотрим степень устойчивости содержаний меди и кобальта на основании прямых химических определений их содержаний в почвах в течение сезона:

	VI	VII	VIII	IX
Валовое содержание меди, %	0,0280	0,0180	0,0160	0,0200
Содержание подвижной меди, %	0,0020	0,0017	0,0016	0,0022
% подвижного к валовому	7	9	10	11
Валовое содержание кобальта	0,0100	0,0070	0,0050	0,0064
Содержание подвижного кобальта	0,0004	0,0005	0,0006	0,0001
% подвижного к валовому	4	7	12	2

Из приведенных данных следует, что подвижная медь в горизонте опробования относительно стабильна. Напротив, кобальт слабоподвижен и имеет тенденцию к уменьшению с наступлением осенне-влажного сезона.

Более четкие результаты получены при сравнении устойчивости содержания подвижной меди и кобальта в течение сезона в профиле солонца (разрез 70) с высоким содержанием металлов (табл. 25). Содержание меди устойчиво как в верхнем горизонте, так и по всему профилю, с небольшим подтягиванием ее вверх в горизонт В₁ к концу сухого периода. Данные по содержанию подвижного кобальта дают менее четкую картину за счет случайного отклонения в верхнем горизонте.

Таблица 25

Содержание подвижных меди и кобальта в солончаковом солонце, %

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Cu			Co	
		VI	VII	VIII	VII	VIII
A	0—6	0,0031	0,0033	0,0033	0,0035	0,0026
B ₁	6—20	0,0028	0,0030	0,0032	0,0040	0,0036
B ₂ карб	20—40	0,015	0,0016	0,0016	0,0028	0,0024
C	40—60	0,0008	0,0006	0,0005	0,0014	0,0012
C	60—80	0,0005	0,0005	0,0006	0,0012	0,0010
C	80—100	0,0 04	0,0006	0,0007	—	0,0014
C	100—120	0,0005	—	0,0006	—	0,0014
C	120—140	0,0006	0,0006	0,0006	—	0,0005
C	140—160	0,0003	0,0007	0,0004	—	0,0004
C	160—180	0,0006	—	0,0005	—	0,0007

Изучение устойчивости распределения остальных элементов проводилось методом сравнения распределений их содержаний в пробах различных отборов. Для этого строились кривые распределения, классифицировалась по своей форме и рассматривалась приуроченность аномальных групп содержаний к тем или иным ландшафтам. Если распределение с достаточным приближением можно рассматривать как Гауссовское, то мы считаем, что отклонения, вызываемые различием природных

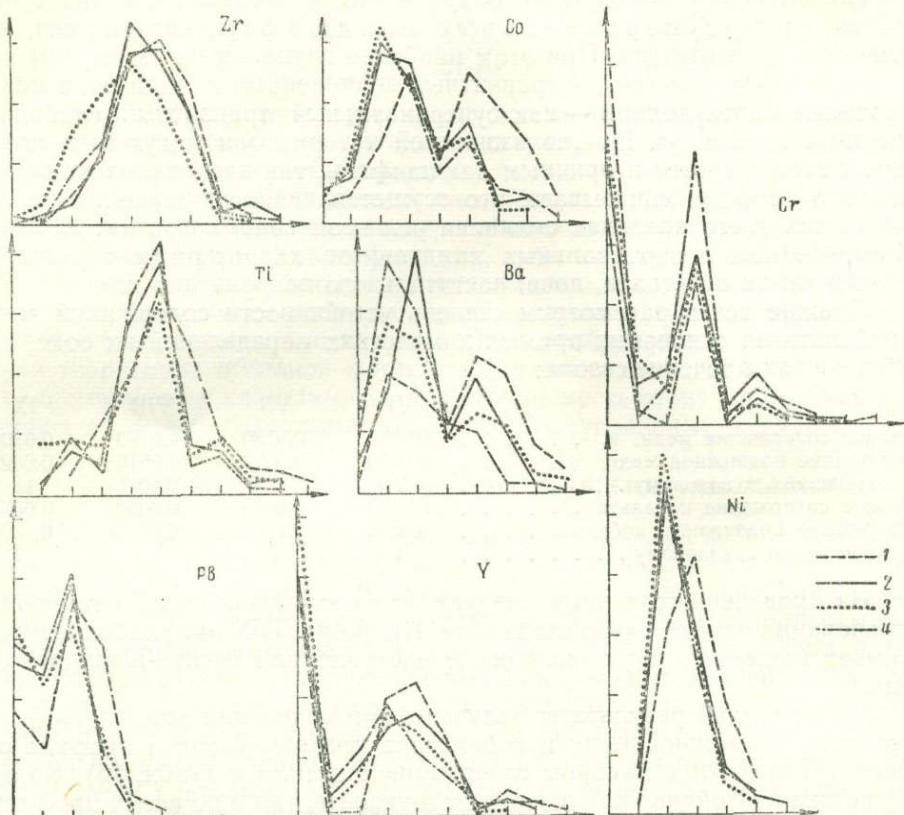


Рис. 17. Типы кривых распределения некоторых элементов.
1 — первый отбор; 2 — второй отбор; 3 — третий отбор; 4 — четвертый отбор.

обстановок, ниже уровня случайного распределения ошибок. Если мы отмечаем значительные отклонения от нормального закона, то мы накладываем на карту те значения анализов, которые вызывают эти отклонения. Если в результате этого наложения пространственное распределение точек оказывается незакономерным, то мы имеем дело со случайными ошибками, но подчиняющимися другому, отличному от нормального закону распределения, и их уровень выше отклонений, вызываемых природной обстановкой. Если же мы получаем объединение отклонений в группы, связанные с типом ландшафтов или с элементами рельефа, то мы считаем, что имеет место влияние природной обстановки, превышающее уровень ошибок анализа. Чем большей мощностью обладает такая пространственная группа, тем больше вероятность того, что искажение вызвано природными факторами. Мы принимали во внимание только те группы значений содержаний элемента, которые повторялись не менее чем в семи точках подряд.

На рис. 17 приведены кривые распределения для четырех отборов. Эти кривые можно разбить на два типа: имеющие один резко выраженный максимум и имеющие либо дополнительный максимум, либо «длинный хвост» в сторону высоких содержаний. На ландшафтную карту наносили значения второго максимума или (при «длинном хвосте») аномально высокие значения содержаний. Рассмотрение всех этих данных позволяет заключить, что элементами, четко дающими аномалии, являются кобальт, медь, хром, иттрий, барий.

Рассматривая их связь с выделенными ландшафтно-геохимическими единицами, мы видим, что аномалии связаны с определенными типами ландшафтов, так как они приурочены к элювиальным ландшафтам, причем максимальное их число падает на ортоэлювиальные типы. При приближении к границам этих и супераквальных ландшафтов можно наблюдать, что содержание элемента возрастает как в кластической, так и в солевой фазе. Содержание в растворимой части для меди достигает 15—16 %, для кобальта — 16 %. Уменьшается устойчивость и количество аномалий, кроме иттрия. В супераквальных ландшафтах заметные аномалии дают только элементы, допускающие различные степени окисления (хром, ванадий и т. д.). Особенно часты повышенные содержания иттрия.

Неожиданным оказалось, что в число элементов, заметно варьирующих в зависимости от времени отбора, попадает титан, причем изменчивость его содержаний зависит от условий ландшафта. Этому явлению мы посвящаем отдельную работу, здесь же только отмечаем этот факт.

Максимальные значения содержаний в почвах никеля, титана, ванадия, циркония, хрома и бериллия падают на сухой летний период, однако и в самые влажные периоды оно не опускается ниже нижнего предела аномальных содержаний. Таким образом, оказываются устойчивыми аномалии по иттрию, иттербию, титану, цирконию, свинцу, ванадию, хрому, никелю, меди, бериллию и галлию.

ГЛАВА IX

РАССЕЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ

При выветривании горных пород, а также месторождений полезных ископаемых происходит рассеяние элементов, входивших в первичные ореолы и рудные концентрации. Наряду с другими вторичными ореолами рассеяния образуются при этом и биогеохимические ореолы, для которых средой рассеяния служат растения (Ткалич, 1959). Уровень этих ореолов зависит от целого ряда факторов, и прежде всего от богатства вторичных и первичных ореолов или рудных концентраций, из которых элементы мигрируют в биогеохимические ореолы.

Сводные работы по биогеохимическому методу, появившиеся за последнее время, подробно рассматривают влияние отдельных факторов на накопление тех или иных элементов в растениях (Малюга, 1954; Поликарпочкин, Поликарпочкина, 1963). Они показывают, что растения вовлекают в биогеохимический цикл огромное количество различных элементов. Поэтому выявление закономерностей биогенной миграции и образования концентраций элементов в зоне гипергенеза имеет важное научное и практическое значение. В настоящей главе мы рассматриваем особенности миграции и концентрации химических элементов в растениях в условиях сухой степи Орь-Кумакского водораздела на примере специального опытного участка.

Геоботанический профиль (рис. 18) дает представление как о его геолого-геоморфологических особенностях, так и о процессе миграции ряда элементов при данных конкретных условиях.

СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ЗОЛЕ РАСТЕНИЙ-КОНЦЕНТРАТОРОВ¹

Из опробованных 35 высших цветковых растений и 3 лишайников выделяются 17 растений-концентраторов, накапливающих 15 различных химических элементов. Здесь, таким образом, мы имеем дело с концентрацией группового типа, при которой в пределах участка с высокими значениями кларков некоторых элементов проявляется повышенное содержание тех же элементов и в растениях, т. е. происходит и биогенная их концентрация.² Покажем это для некоторых характерных элементов.

¹ Все данные о содержании элементов в золе растений приведены в табл. 26.

² Под концентрацией понимается накопление элементов в золе растений в количествах, превышающих его содержание в почвах, на которых эти растения развиваются. Степень такой концентрации характеризуется (для данного элемента) отношением его содержания в золе растений к содержанию в почвах.

В обычной ландшафтно-геохимической обстановке коэффициент биологического накопления (K_b) меди у выделенной группы растений-концентраторов лишь незначительно превышает единицу. Ниже приводится их ряд в порядке увеличения значений K_b : кокпек *Atriplex cana*,³ ромашник тысячелистниковый *Pyrethrum achilleifolium*, грудница мокнатая *Linosyris villosa*, полынь Лессинга *Artemisia lessingiana*, грудница татарская *Linosyris tatarica*, полынь селитряная *Artemisia nitrosa*, кермек кустарниковый *Limonium suffruticosum*, лишайник *Parmelia vagans*, биургун *Anabasis salsa*, полынь австрийская *Artemisia austriaca*, лишайник *Diploschistes scruposus*. Средние K_b этих растений лежат в пределах 0,9—1,8. Большинство указанных растений, за исключением *Linosyris tatarica*, *L. villosa*, являющихся представителями разнотравья, и двух видов лишайника, относится к жизненной форме полукустарничков.

В определенных экологических условиях концентрация растениями меди в 2—4 раза превышает концентрацию ее в почве, причем наибольшие превышения связаны с положительными элементами рельефа. Так, в селитрянополынино-типчаково-тырсовой ассоциации⁴ (пл. 14) на каштановых легкосуглинистых солонцеватых почвах на делювиально-аккумулятивных отложениях эфузивов (De) K_b меди у *Artemisia nitrosa* составляет 3,0, причем в этой же ассоциации у *Festuca sulcata* и *Stipa capillata* K_b составляет 1, тогда как в среднем для этих видов он обычно <1. В камфоросмово-бескильницео-селитрянополынино-кокпековой ассоциации (пл. 37) на глубоком солонце, глубокосолончаковатом на верхних горизонтах коры выветривания (K_1), у *Artemisia nitrosa*, *Atriplex cana*, *Limonium suffruticosum*, *Festuca sulcata* тот же коэффициент достигает 3—4. В кермеково-прутняково-лессингиановополынной ассоциации (пл. 26) на среднем солонце, солончаковом на делювиально-элювиальных отложениях кварцитов (D_q), K_b у биургуна *Anabasis salsa* также равен 3.

Модальное содержание Cu у большинства растений-концентраторов составляет $30 \cdot 10^{-3}\%$, у *Pyrethrum achilleifolium*, *Linosyris tatarica* и *Parmelia vagans* — $20 \cdot 10^{-2}\%$, у *Festuca sulcata* — $10 \cdot 10^{-3}\%$. Максимальные же концентрации Cu ($60 \cdot 10^{-3}\%$) у *Artemisia nitrosa* связаны с кокпеково-камфоросмово-селитрянополынной ассоциацией (пл. 21), на среднем солонце, глубокосолончаковатом на засоленной коре выветривания (K_2); у *Diploschistes scruposus* — с камфоросмово-кокпеково-азотистополынной ассоциацией (пл. 19) на мелком солонце, солончаковатом на засоленной коре выветривания (K_2).

Кобальт обнаружен в золе растений в 58% от общего количества проб. Группа растений, концентрирующих Co в количествах, превышающих его содержание в почве, образует следующий ряд в порядке возрастания K_b : *Limonium suffruticosum*, *Pyrethrum achilleifolium*, *Atriplex cana*, *Parmelia vagans*, *Diploschistes scruposus*, *Artemisia nitrosa*, *Artemisia lessingiana*, прутняк *Kochia prostrata*, камфоросма монпелийская *Camphorosma monspeliacum*. Наиболее энергичными концентраторами являются *Artemisia nitrosa*, *Artemisia lessingiana*, *Kochia prostrata* и *Camphorosma monspeliacum*, K_b которых лежат в пределах 2—6,7.

На накоплении Co этими растениями резко сказываются геоморфологические условия, определяющие различную экологическую обста-

³ Для растений, впервые упоминаемых в тексте, приводятся русские и латинские названия; при повторном упоминании этих растений указываются только их латинские названия.

⁴ Здесь, как и во всех последующих ссылках на ассоциации и их местоположение, имеется в виду геоботанический и биогеохимический профиль (рис. 18).

Таблица 26

Содержание характерных элементов
в некоторых растениях, $10^{-3}\%$

Виды растений		Be	Zn	Sr	Ba	Ga	Y	Yb	Ti	Zr	Pb	V	Mo	Mn	Co	Ni	Cu
<i>Caragana frutex</i>	Мин.	—	—	30	10	—	—	—	0,8	—	1	—	—	150	—	8,0	—
	Модальн.	—	—	200	100	—	—	—	30	—	3	—	—	300	20	—	—
	Макс.	—	—	300	200	—	—	—	100	—	5	—	—	500	30	—	—
<i>Anabasis salsa</i>	Мин.	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
	Модальн.	—	200	—	—	—	?	—	—	2	—	—	—	—	—	8	—
	Макс.	—	—	—	—	—	10	—	—	3	—	—	—	—	—	10	—
<i>Artemisia austriaca</i>	Мин.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	—
	Модальн.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—
	Макс.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	—
<i>Artemisia lessingiana</i>	Мин.	0,1	100	8	3	1	0,5	0,5	150	3	—	20	1	100	3	10	15
	Модальн.	0,5	100	30	40	3	10	3	800	10	—	100	1	600	3, (10)	20	30
	Макс.	1	200	100	80	3	10	3	610	10	—	200	2	800	40	30	50
<i>Artemisia nitrosa</i>	Мин.	0,1	10	30	10	0,5	0,5	0,5	150	1	1	8	0,8	200	1	3	10
	Модальн.	0,3	100	100	30	1	3	1	800	3, (10)	3, (6)	100	1	400	6	10	30
	Макс.	0,5	—	500	150	3	10	6	1290	20	10	200	3	1000	30	40	60
<i>Atriplex cana</i>	Мин.	0,1	—	30	3	—	—	—	300	1	—	—	—	100	1	5	10
	Модальн.	?	100	100	310	—	—	—	800	3	—	—	—	1000	3	8	30
	Макс.	0,3	—	500	150	—	—	—	1000	10	—	—	—	1500	15	30	30
<i>Camphorosma monspeliacum</i> .	Мин.	0,1	—	—	20	1	10	1	—	10	—	100	—	1000	? —	—	—
	Модальн.	(0,35)	—	—	—	?	(12,5)	?	—	(12,5)	—	(150)	—	(1250)	30	15	—
	Макс.	0,4	—	—	50	3	15	3	—	15	—	200	—	1500	? —	—	—
<i>Kochia prostrata</i>	Мин.	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	300	3	5	—
	Модальн.	—	—	—	—	—	?	—	—	—	—	—	—	(800)	10	10	—
	Макс.	—	—	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	2000	10	15	—
<i>Limonium suffruticosum</i> . . .	Мин.	0,3	10	30	10	0,5	1	—	400	2	1	30	0,5	20	1	8	10
	Модальн.	0,3	100	100	30	1	5	—	800	3	3	100	1	175	3 (5)	20	30
	Макс.	0,4	—	150	100	3	10	—	1000	15	5	200	3	400	20	30	40
<i>Pyrethrum achilleifolium</i> * . . .	Мин.	0,3	—	—	10	0,5	—	2	100	—	—	—	—	—	1	8	—
	Модальн.	0,55	—	—	60	0,5	—	3	800	—	—	—	—	—	7	10	—
	Макс.	0,6	—	—	—	3	—	3	800	—	—	—	—	—	20	—	—
<i>Festuca sulcata</i>	Мин.	—	3	—	10	—	—	—	30	—	1	—	—	20	—	2	3
	Модальн.	—	30	—	30	—	—	—	100	—	3	—	—	100	—	8	10
	Макс.	—	100	—	60	—	—	—	500	—	8	—	—	300	—	30	40
<i>Stipa rubens</i>	Мин.	—	3	—	10	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	1	—
	Модальн.	—	3	—	30	—	—	—	60	—	—	—	—	—	—	3	—
	Макс.	—	100	—	40	—	—	—	300	—	—	—	—	—	—	8	—
<i>Stipa capillata</i>	Мин.	—	—	3	0	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	3	—
	Модальн.	—	—	(20)	40	—	—	—	60	—	—	—	—	—	—	5	—
	Макс.	—	—	100	40	—	—	—	300	—	10	—	—	—	—	8	—
<i>Linosyris tatarica</i>	Мин.	—	—	3	—	—	—	—	3	—	—	—	—	30	—	3	10
	Модальн.	—	—	(60)	—	—	—	—	3	—	—	—	—	300	—	3	20
	Макс.	—	—	150	—	—	—	—	400	—	—	—	—	400	—	10	50
<i>Linosyris villosa</i>	Мин.	—	—	3	—	—	—	—	0,8	—	—	—	—	30	—	3	8
	Модальн.	—	—	10	—	—	—	—	3	—	—	—	—	300	—	10	20
	Макс.	—	—	150	—	—	—	—	300	—	—	—	—	500	—	20	30
<i>Diploschistes scruposus</i> . . .	Мин.	0,1	100	—	30	1	—	0,5	1000	15	1	—	—	30	—	8	30
	Модальн.	0,3	200	—	30	1	—	0,5	1000	15	1	—	—	400	—	20	30
	Макс.	1	300	—	40	3	—	10	1290	30	10	—	—	500	—	30	60
<i>Parmelia vagans</i>	Мин.	0,3	0	—	20	1	8	0,3	1000	4	1	80	—	150	—	10	20
	Модальн.	0,3	100	—	30	1	(15)	2	1000	? 3	3	150	—	200	10	20	20
	Макс.	8	100	—	40	3	40	10	1000	15	10	250	—	600	30	50	50

новку и интенсивность миграции. Кобальт, как медь, концентрируется в растениях на повышенных элементах рельефа, плакорах и их пологих склонах. Причем в равнинных условиях рельефа накопление Со идет несколько энергичнее, чем меди. Так, у *Artemisia lessingiana* в кокпеково-лишайниково-типчаково-лессингиановополынной ассоциации (пл. 34) на среднем солонце на верхних, менее засоленных горизонтах коры выветривания (K_b) K_b равен 5, а в кокпеково-прутняково-лессингиановополынной ассоциации (пл. 24) на мелком солонце на элювиально-делювиальных отложениях кварцитов (D_q) K_b у той же *Artemisia lessingiana* составляет 6,7, а у *Kochia prostrata* — 3,3. K_b у *Artemisia nitrosa*, *Camphorosma monspeliacum* в сходных геоморфологических условиях колеблются в пределах 2—4.

Обращает на себя внимание тот факт, что все выше перечисленные растения-концентраторы Со в пониженных элементах рельефа, например в хорошо выраженной ложбине стока на севере аномалии, содержат его в меньших количествах, чем в почве. Модальное содержание Со у различных видов сильно варьирует: у *Artemisia lessingiana* и *Atriplex cana* — $3 \cdot 10^{-6}\%$, у *Artemisia nitrosa* — $6 \cdot 10^{-3}\%$, у *Kochia prostrata* и *Camphorosma monspeliacum* — $10 \cdot 10^{-3}\%$.

Никель концентрируется растениями более энергично, чем медь и кобальт. Группа растений, концентрирующих этот элемент, очень разнообразна в видовом отношении. В порядке возрастания K_b растения концентраторы Ni располагаются в следующий ряд: ковыль красный — *Stipa rubens*, *Pyrethrum achilleifolium*, *Stipa capillata*, *Festuca sulcata*, *Linosyris villosa*, *Atriplex cana*, *Artemisia austriaca*, *Anabasis salsa*, *Linosyris tatarica*, *Camphorosma monspeliacum*, *Kochia prostrata*, *Limonium suffruticosum*, *Artemisia nitrosa*, *Parmelia vagans*, карагана — *Garagana frutex*, *Diploschistes scruposus*, *Artemisia lessingiana*.

Наиболее энергичными концентраторами являются последние пять видов. Средние K_b этих видов соответственно равны: 4,8; 4,8; 5,2; 6,0 и 7,6. В отдельных случаях, например в кокпеково-грудницево-селитрянополынно-лессингиановополынной ассоциации (пл. 29), на среднем солонце, солончаковатом на делювиально-элювиальных отложениях кварцитов (D_q), K_b у *Artemisia nitrosa* и *Artemisia lessingiana* равен соответственно 20 и 30.

В отличие от меди и кобальта условия рельефа на накопление никеля не влияют. Концентрация никеля в растениях осуществляется в самых разнообразных почвенно-геоботанических и геолого-геоморфологических условиях. Модальные содержания Ni варьируют у отдельных растений-концентраторов в пределах от $3 \cdot 10^{-3}$ у *Stipa rubens* и *Linosyris tatarica* до $20 \cdot 10^{-3}$ у *Artemisia lessingiana*, *Limonium suffruticosum*, *Diploschistes scruposus*.

Анализируя данные о концентрации Ni и Со в растениях, необходимо отметить некоторую специфику их миграции в рассматриваемых условиях. Д. П. Малюга (1954) для Кемперсайского передотитового массива указывает, что растения лучше концентрируют медь и кобальт, чем никель: содержания кобальта и меди как в почвах, так и в золе растений почти равны между собой, концентрация же никеля в золе растений в 6 раз меньше, чем в почвах.

Возможно, что эти высокие значения K_b для никеля, наблюдавшиеся (в отличие от данных Д. П. Малюга) нами в мае 1962 г., связаны с тем, что никель в растениях более устойчив, чем в почвах. Поэтому обильные осадки, выпавшие в мае, вынесли никель из верхних горизонтов почв, снизив таким образом знаменатель в выражении $K_b =$

$$= \frac{\text{содержание Ni в растениях}}{\text{содержание Ni в почвах}} .$$

Молибден, цинк, свинец, стронций и барий очень энергично вовлекаются в биогеохимический цикл. Перечисленные элементы концентрируются преимущественно в растениях (Zn и Pb) или исключительно в растениях (Mo , Sr). Это повышает роль биогеохимического метода, поскольку его применение увеличивает число элементов, на которые ведутся поиски. Спектральному определению Zn в золе растений мешает большое содержание в них кальция. Однако в тех случаях, когда удавалось определить содержание Zn в сопряженных флоро- и металлометрических пробах, K_b характеризовался очень высокими значениями. Так, у *Pyrethrum achilleifolium* он равен 20.

Число проб, в которых обнаружен Zn , составляет в большинстве случаев менее 50%. Модальное содержание Zn в золе большинства растений составляет $100 \cdot 10^{-3}\%$. Наилучшими растениями-концентраторами являются: *Pyrethrum achilleifolium*, *Diploschistes scruposus*, *Artemisia lessingiana*. Наиболее энергично накопление Zn происходит в черно-полынно-лессингиановополынно-типчаковой ассоциации (пл. 11) на солонцах на делювиально-аккумулятивных отложениях эфузивов (D_e), коктеково-прутняково-лессингиановополынной ассоциации (пл. 24) на мелком солонце на элювиально-делювиальных отложениях кварцитов (D_q), коктеково-лишайниково-типчаково-лессингиановополынной ассоциации (пл. 34) на среднем солонце на верхних, менее засоленных горизонтах коры выветривания (K_1). Растения на пониженных участках рельефа не содержат цинка в пределах чувствительности обычных анализов.

Модальное содержание свинца почти для всех растений-концентраторов составляет $3 \cdot 10^{-3}\%$, лишь для *Diploschistes scruposus* — $1 \cdot 10^{-3}\%$. Наиболее высокие концентрации Pb ($6 \cdot 10^{-3}—10 \cdot 10^{-3}\%$) связаны с довольно разнообразными геоморфологическими и экологическими условиями (табл. 27).

Таблица 27

Характеристика способности различных растений концентрировать свинец из почв
(в % повторяемости от общего числа случаев)

Название растений	Концентрация одновременно в почвах и растениях	Концентрация только в растениях
<i>Caragana frutex</i>	16,6	83,4
<i>Artemisia nitrosa</i>	34,6	65,4
<i>Artemisia lessingiana</i>	11,0	89,0
<i>Atriplex cana</i>	33,0	66,7
<i>Limonium suffruticosum</i>	20,0	80,0
<i>Festuca sulcata</i>	26,6	73,4
<i>Stipa capillata</i>	40,0	60,0
<i>Linosyris villosa</i>	41,2	58,8
<i>Pyrethrum achilleifolium</i>	25,0	75,0
<i>Parmelia vagans</i>	25,0	75,0
<i>Diploschistes scruposus</i>	20,0	80,0

Молибден в растениях обнаружен в 50% отобранных проб, установлен он у *Artemisia nitrosa*, *Artemisia lessingiana* и *Limonium suffruticosum*. Содержание его в растениях невелико. Модальное содержание Mo в растениях-концентраторах составляет $1 \cdot 10^{-3}\%$. Максимальные содержания — $2 \cdot 10^{-3}—3 \cdot 10^{-3}\%$. Более энергичное накапливание Mo этими растениями связано с различными горизонтами древней коры выветривания: пл. 19, 29, 35, 37.

По данным М. А. Глазовской (1964), частота обнаружения спектральным анализом стронция в ландшафтообразующих растениях сухой степи — 22% от общего числа проб. В пределах опытного участка частота его обнаружения в растениях составляет 94% от общего числа проб, тогда как ни в одном почвенном образце (из 96) стронций не был обнаружен. Стронций накапливается всеми растениями в пределах рассматриваемого биогеохимического профиля, за исключением *Diploschistes scruposus*.

Наиболее высокие модальные содержания у *Caragana frutex* — $200 \cdot 10^{-3}\%$, *Artemisia nitrosa*, *Atriplex cana*, *Limonium suffruticosum* — $100 \cdot 10^{-3}\%$, наиболее низкие у *Stipa capillata* и *Linosyris villosa* — $3 \cdot 10^{-3}\%$.

Концентрация Sr в растениях особенно энергично происходит в хорошо выраженных ложбинах стока в караганнике красноковыльном (пл. 56) на темно-каштановых осоледелых почвах, развивающихся на аккумулятивных отложениях (A_2), а также в плакорных условиях в кокпеково-типчаково-селингиионопольной ассоциации (пл. 39) на глубоком солонце, глубокосолончаковом на верхних горизонтах коры выветривания (K_1). С этими ассоциациями связаны максимальные концентрации Sr ($300 \cdot 10^{-3}$ и $500 \cdot 10^{-1}\%$).

Барий содержится в золе всех опробованных растений. Очень слабыми концентраторами Ba являются: *Atriplex cana*, *Stipa capillata*, *Stipa rubens*, *Festuca sulcata*, *Kochia prostrata*, *Pyrethrum achilleifolium*, *Diploschistes scruposus*, K_b которых лишь немногим больше 1; *Parmelia vagans*, *Artemisia lessingiana*, *Artemisia nitrosa*, *Limonium suffruticosum*, *Camphorosma monspeliacum* в два раза больше накапливают бария, чем почвы, на которых они произрастают. Наиболее сильным концентратором Ba является *Caragana frutex*; K_b этого вида близок к 4.

У большинства растений модальным содержанием Ba является $30 \cdot 10^{-3}\%$, у самого сильного концентратора — *Caragana frutex* — $100 \cdot 10^{-3}\%$. Наиболее энергично Ba концентрируется по хорошо выраженным ложбинам стока с темно-каштановыми осоледелыми почвами в красноковыльных караганниках (рис. 18, пл. 33, 42, 43, 58, 59). В приподнятой части профиля концентрация Ba связана с делювиально-аккумулятивными отложениями разрушенных эфузивов, к которым приурочены степные ассоциации типчаково-тырсовая (пл. 13) на каштановых эродированных суглинистых почвах и ее галофитный вариант нитрозовополынно-типчаково-тырсовая (пл. 14) на каштановых среднесуглинистых эродированных солонцеватых почвах.

УЧАСТИЕ В БИОГЕОХИМИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ ЭЛЕМЕНТОВ СЛАБОГО ЗАХВАТА

Марганец, как указывает Д. П. Малюга (1954), прочно фиксируется почвенным поглощающим комплексом степных каштановых и других почв, и потому он растениями захватывается слабо. По данным М. А. Глазовской, в золе ландшафтообразующих растений сухой степи Mn не обнаружен. В условиях геохимической аномалии встречаемость Mn в золе всех опробованных растений составляет 100%. Данных о содержании Mn в почвах нет.

Наиболее высокое модальное содержание Mn имеют *Caragana frutex*, *Linosyris villosa*, *Linosyris tatarica* — $300 \cdot 10^{-3}\%$, *Artemisia nitrosa* — $400 \cdot 10^{-3}\%$, *Artemisia lessingiana* — $600 \cdot 10^{-3}\%$, *Atriplex cana* — 1%. Максимальное содержание Mn, достигающее 2%, встречается в золе *Kochia prostrata* и связано с кокпеково-прутняково-лессингиановополынной ассоциацией (рис. 18, пл. 24) на мелком солонце на элювиально-делювиальных отложениях кварцитов (D_q) и с кермеково-кам-

форосмово-селидрянополынно-кокпековой ассоциацией (рис. 18, пл. 23) на мелком солонце, солончаковатом на засоленной коре выветривания (K_2).

Накопление хрома растениями в районе опытного участка происходит слабо. Лучше хром накапливается в почвах, чаще всего в гумусовом горизонте. Частота обнаружения Сг в сопряженных флористических и металлометрических пробах соответственно составляет 11% и 35% от общего числа проб. Наиболее энергично Сг концентрируется лишайником *Diploschistes scruposus*. Его K_b составляет 5,0, у *Artemisia nitrosa*, *Artemisia lessingiana*, *Atriplex cana*, *Limonium suffruticosum*, *Linosyris villosa*, *Parmelia vagans* K_b равен 1. У остальных опробованных растений (31 вид) Сг не был обнаружен.

Титан А. И. Перельман (1962) относит к элементам слабого захвата растениями. Особенно малоподвижным элементом Ti принято считать в пустынно-степных условиях. Д. П. Малюга считает, что биогеохимический метод поисков для малоподвижных элементов (Zr , Ti , Th) вообще неприменим. Существенные изменения в эти взгляды вносят выявление нами в пределах опытного участка группы растений-концентраторов, обогащенных Ti , что указывает на заметную биогенную миграцию этого элемента. Максимальная концентрация Ti — 2,61% (определен количественным химическим методом) обнаружена у *Artemisia lessingiana*. Более высокие модальные значения дают следующие виды: *Artemisia nitrosa* и *Pyrethrum achilleifolium* — $800 \cdot 10^{-3}\%$, *Limonium suffruticosum*, *Parmelia vagans*, *Diploschistes scruposus* — 1%.

Группа растений-концентраторов Ti состоит из 10 видов. По величине K_b , в порядке их возрастания, растения-концентраторы Ti располагаются в следующий ряд: *Atriplex cana*, *Anabasis salsa*, *Kochia prostrata*, *Artemisia nitrosa*, *Parmelia vagans*, *Pyrethrum achilleifolium*, *Limonium suffruticosum*, *Camphorosma monspeliacum*, *Artemisia lessingiana*, *Diploschistes scruposus*. Наименьшие K_b имеют: *Atriplex cana* (1,7) и *Anabasis salsa* (1,8). Наибольшие K_b — *Artemisia lessingiana* (4,5) и *Diploschistes scruposus* (5,3).

Для выяснения относительной подвижности соединений Ti в растениях были проведены химические определения.⁵ Для изучения подвижных соединений Ti , переходящих в различные растворители — воду и 2 н. HCl , растения были взяты в воздушно-сухом состоянии. Количество Ti , извлекаемого водой, было ничтожно мало, за пределами чувствительности метода. У *Artemisia nitrosa* и *A. lessingiana* — были обнаружены следы воднорастворимого Ti . Количество Ti , извлеченного более сильным растворителем — 2 н. HCl , составило у *Artemisia nitrosa* 35 μ/g (проба 77-Б) и 46 μ/g (проба 167-Б), у *Artemisia lessingiana* — 32 μ/g (проба 82-Б).

Самые высокие концентрации титана связаны с областью развития кварцитов и приурочены к биогуново-лишайнико-лессингиановополынной ассоциации⁶ (пл. 25) на мелком солонце на элювиально-делювиальных отложениях кварцевых жил (D_q). Энергично концентрируется титан в приподнятой части профиля в различных геолого-геохимических условиях. В ложбинах стока концентрация титана растениями осуществляется слабо, что, видимо, связано с небольшим количеством миграционного титана в аллювиальных отложениях по сравнению с исходным содержанием его в коренных породах.

⁵ Исследование подвижных соединений Ti по фракциям были проведены также и в почвах М. М. Ермолаевым, Г. А. Березкиной, Л. В. Григорьевой и Л. Ф. Дидаик. Исследование миграционных возможностей Ti как в почвах, так и в растениях осуществлено под общим руководством М. М. Ермолаева.

⁶ Возможно, что именно лишайники, формирующие первичный органический субстрат непосредственно на скальных породах, и приводят Ti в подвижное состояние.

Цирконий, как и титан, отнесен к слабоподвижным элементам. А. И. Перельман (1961) включает его в группу очень слабого захвата растениями, замыкающую ряды биологического поглощения элементов. Биогенная миграция Zr изучена слабо. Частота обнаружения Zr в золе растений — 86 %. Выделяются 8 растений, концентрирующих цирконий. Концентрация Zr растениями идет менее энергично, чем концентрация Ti. По возрастанию K_b растения-концентраторы Zr располагаются в следующий ряд: *Artemisia nitrosa*, *Atriplex cana*, *Anabasis salsa*, *Limonium suffruticosum*, *Artemisia lessingiana*, *Parmelia vagans*, *Camphorosma monspeliacum*, *Diploschistes scruposus*. Средние K_b этих растений лежат в пределах 1,1—3,8.

Высокие концентрации циркония связаны с выходом кварцитов и нижних засоленных горизонтов коры выветривания. В биоргуново-лишайниково-лессингиановополынной ассоциации (пл. 25), приуроченной к мелкому солонцу на D_q , у *Artemisia lessingiana* $K_b=2$, а у *Diploschistes scruposus* $K_b=6$; максимальные концентрации в % у этих видов соответственно равны $1 \cdot 10^{-3}$ и $3 \cdot 10^{-3}$. В камфоросмово-кокпеково-селитрянополынной ассоциации (пл. 19) на мелком солончаковатом солонце на засоленной коре выветривания (K_2) и в селитрянополынно-бескильницево-кокпековой (пл. 20) на мелком солончаковом солонце на засоленной коре выветривания (K_2) у *Artemisia nitrosa* $K_b=3$ и 4, у *Diploschistes scruposus* $K_b=6$, у *Parmelia vagans* $K_b=3$. Максимальные концентрации Zr в %: у *Artemisia nitrosa* $15 \cdot 10^{-3}$ — $20 \cdot 10^{-3}\%$, у *Diploschistes scruposus* — $30 \cdot 10^{-3}$, у *Parmelia vagans* — $15 \cdot 10^{-3}\%$. Значительно слабее концентрируется Zr растениями в пониженных элементах рельефа, в особенности в хорошо выраженных ложбинах стока. По-видимому, это связано с геохимическими особенностями циркония, который дает растворимые комплексы с содой, что создает возможность его миграции в системе засоленные почвы — галофитные растительные сообщества, как это отмечено выше.

Ванадий включен А. И. Перельманом в группу слабого накопления и среднего захвата растениями. Частота обнаружения ванадия в растениях — 93 %. Группа растений-концентраторов включает 6 видов, образующих следующий ряд биологического поглощения: *Artemisia nitrosa*, *Artemisia lessingiana*, *Limonium suffruticosum*, *Parmelia vagans*, *Diploschistes scruposus*, *Parmelia vagans*, *Camphorosma monspeliacum*. K_b у крайних членов этого ряда лежит в пределах 1,1—2,1. Для большинства этих растений модальным содержанием V является $100 \cdot 10^{-3}\%$.

Наиболее высокие концентрации V ($200 \cdot 10^{-3}$ и $300 \cdot 10^{-3}\%$) отмечены в кокпеково-камфоросмово-селитрянополынной ассоциации (пл. 21) на среднем солонце, глубоко солончаковатом на засоленной коре выветривания (K_2), в биоргуново-лишайниково-лессингиановополынной ассоциации (пл. 25) на мелком солонце и в кермеково-прутняково-лессингиановополынной ассоциации (пл. 26) на среднем солонце, развитых на элювиально-делювиальных отложениях кварцевых жил (D_q).

Иттрий, как и ванадий, находится в группе слабого накопления. В золе растений он обнаружен лишь во всех полукустарничках, лишайнике *Parmelia vagans*, что составляет 43,6 % от общего количества проб. Ряд биологического поглощения Y образуют следующие растения: *Artemisia nitrosa*, *Artemisia lessingiana*, *Limonium suffruticosum*, *Kochia prostrata*, *Parmelia vagans*, *Anabasis salsa*, *Camphorosma monspeliacum*. K_b в этом ряду варьирует от 0,75 у *Artemisia nitrosa* до 3,3 у *Camphorosma monspeliacum*. В отдельных случаях возможно нарушение последовательности в этом ряду, так как для многих видов более чем в 50 % почвенных пробах Y не содержится.

Максимальные концентрации Y содержат *Camphorosma monspeliacum* ($15 \cdot 10^{-3}\%$) и *Parmelia vagans* ($40 \cdot 10^{-3}\%$). Видимо, эти два растения следует считать основными концентраторами Y. Энергичная концентрация Y осуществляется в лишайнико-лессингиановополынной ассоциации (пл. 28) на каштановой маломощной щебнистой почве на D_q' и в селитрянополынно-бескильницео-коктековой ассоциации (пл. 20) на мелком солончаковом солонце на засоленной коре выветривания (K_2). В ложинах стока Y растениями даже не захватывается, хотя в почве он содержится. Это, по-видимому, объясняется тем, что в силу своих геохимических особенностей Y образует растворимые соединения с содой лишь на засоленных почвах.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ПРИСУТСТВИИ В РАСТЕНИЯХ ГАЛЛИЯ, БЕРИЛЛИЯ, ИТТЕРБИЯ, СЕРЕБРА И ОЛОВА

Для многих элементов, таких как галлий, бериллий, иттербий, нет еще достаточных наблюдений. В почвах и растениях галлий содержится в незначительных количествах. Частота обнаружения Ga в почвах — $85,5\%$ и в растениях — 56% . Среди растений концентраторами этого редкого элемента являются *Artemisia nitrosa*, *Pyrethrum achilleifolium*, *Limonium suffruticosum*, *Parmelia vagans*, *Diploschistes scruposus*, *Camphorosma monspeliacum*, *Artemisia lessingiana*. К_b которых лежат в пределах от 1,0 до 2,1.

Наилучшим концентратором его следует считать *Artemisia lessingiana*, характеризующуюся наиболее высокой повторностью (60%) модального содержания — $3 \cdot 10^{-3}\%$. Энергичное накопление Ga у *Artemisia lessingiana* происходит в различных ассоциациях лессингиановополынной формации на почвах, развитых на элювиально-делювиальных отложениях кварцевых жил и на различных горизонтах коры выветривания (рис. 18, пл. 25, 26, 28, 29, 34, 35).

Частота обнаружения иттербия в почвах и растениях соответственно составляет 18,7 и 22,5% от общего количества проб. Группа растений, в золе которых обнаружен Yb, очень невелика и включает из всех опробованных растений только полукустарнички и лишайники. Концентраторами этого элемента выступают: *Artemisia lessingiana*, *Camphorosma monspeliacum*, *Pyrethrum achilleifolium*, *Artemisia nitrosa*, *Diploschistes scruposus*, *Parmelia vagans*. К_b у крайних членов этого ряда равны 1 и 6,5. В отдельных случаях К_b у лишайников и у *Artemisia nitrosa* достигают 10—12. Максимальные концентрации Yb ($6 \cdot 10^{-3}$ и $1 \cdot 10^{-2}\%$) связаны с типчаково-селитрянополынной ассоциацией (пл. 16) на среднем солонце, глубокосолончаковатом на засоленной коре выветривания (K_2) и лишайнико-лессингиановополынной ассоциацией (пл. 28) на каштановой маломощной щебнистой на элювиально-делювиальных отложениях кварцитов (D_q).

По данным М. А. Глазовской, в золе основных ландшафтообразующих растений сухой степи бериллий не обнаружен. В условиях комплексной степи Орь-Кумакского водоразделя частота обнаружения Be составляет 33% от общего количества проб. Be преимущественно содержит полукустарнички и лишайники, изредка *Festuca sulcata*, *Linosyris tatarica* и *Linosyris villosa*. По величине К_b растения-концентраторы располагаются в следующий ряд: *Atriplex cana*, *Pyrethrum achilleifolium*, *Diploschistes scruposus*, *Kochia prostrata*, *Limonium suffruticosum*, *Artemisia nitrosa*, *Artemisia lessingiana*, *Camphorosma monspeliacum*, *Parmelia vagans*. К_b у этих растений лежат в пределах 0,8—1,3. Модальным содержанием для большинства видов является $3 \cdot 10^{-4}\%$.

Высокие концентрации Be ($1,10^{-3}\%$ и $8,10^{-3}\%$) отмечены у *Arte-*

misia lessingiana, *Diploschistes scruposus*, *Parmelia vagans*, в биоргувально-лишайниково-лессингиановополынной ассоциации (пл. 25) на мелком солонце на элювиально-делювиальных отложениях кварцитов и в кокпеково-лишайниково-типчаково-лессингиановополынной ассоциации (пл. 34) на среднем солонце на верхних горизонтах коры выветривания.

В золе растений, отобранных в пределах рассматриваемого биогеохимического профиля, в 4% от общего количества проб обнаружено присутствие серебра. В металлометрических пробах серебро не обнаружено. Следы Ag отмечены у *Artemisia nitrosa*, *Poa steposa*, *Puccinellia dolicholepis*, *Stipa rubens*, *Linosyris villosa* и *Linosyris tatarica*. Причем в последних двух видах следы Ag обнаружены в 2—3-кратной повторности, а у *Linosyris villosa* в одной пробе Ag содержится в количестве $1 \cdot 10^{-4}\%$. Наличие Ag в золе растений связывается с двумя типами геохимических условий — вскрытыми верхними сильно ожелезненными ярусами коры выветривания — K₂ (см. рис. 18, пл. 17, 18, 20) и аккумулятивными отложениями водно-эолового типа (пл. 47, 53, 56, 57).

В одной из проб у *Artemisia nitrosa* были обнаружены следы олова.

Итоги исследований сводятся к следующему. Круг элементов-индикаторов, установленный для золы растений, гораздо шире их круга для почв и грунтов, поэтому привлечение более тонкого и чувствительного биогеохимического метода в поисковую практику безусловно целесообразно. Можно предположить, что этот метод, как и в случае редкометальных месторождений, сможет с успехом применяться при разбраковке аномалий.

Кроме этих более или менее очевидных результатов биогеохимических работ следует обратить внимание еще на одно явление очень большого биогеохимического значения: в биологическом цикле, как оказалось, принимают участие такие малоподвижные элементы, как титан, цирконий, иттрий и др., роль которых в водной миграции до последнего времени отрицалась. Внимательный просмотр и сопоставление аналитических данных с теми ассоциациями растений, в которых это явление наблюдалось, показывает, что оно характерно только для ассоциаций, включающих лишайники. Таким образом, именно эти организмы, наименее прихотливые и петрофитные, по-видимому ответственны за вовлечение этих элементов в биологический цикл.

ГЛАВА X

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

В последние годы при поисках полезных ископаемых в комплексе с другими геохимическими методами применяется и биогеохимический метод. Основы метода заложены в учении академика В. И. Вернадского — биогеохимии. Биогеохимические исследования в практике поисковых работ были применены впервые в СССР еще в 30-х годах текущего столетия (С. М. Ткалич, Д. П. Малюга и др.) и значительно расширены в послевоенные годы (работы С. М. Ткалича, Д. П. Малюги, С. В. Викторова, Н. Г. Несветайловой, М. М. Ермолаева, М. А. Глазовской и др.). Особенно большую роль в развитии биогеохимического метода в СССР играет Биогеохимическая лаборатория АН СССР, возглавляемая академиком А. П. Виноградовым.

За сравнительно короткий срок биогеохимическим методом выявлен ряд рудопроявлений как у нас, так и за рубежом. В настоящее время биогеохимическое изучение проводится почти для 30 элементов. Однако большинство биогеохимических работ посвящено лишь четырем элементам: никелю, меди, цинку и свинцу.

Сущность биогеохимического метода поисков состоит в выявлении вторичных ореолов и потоков рассеяния над рудными месторождениями по почвам и растениям (Малюга, 1954). Практическое применение биогеохимического метода основано на зависимости элементарного химического состава растений от химизма почв и подстилающих пород. Но поскольку избирательная способность у разных растений различна, то индикационные возможности у отдельных видов неодинаковы. Повышенные содержания тех или иных элементов в золе растений представляют биогеохимические аномалии, по которым и выделяются биогеохимические ореолы. Биогеохимический метод имеет ряд особенностей по сравнению с другими геохимическими методами. Растения, используя водные растворы, производят солевые вытяжки из более значительного объема почвы и рыхлой породы, прикрывающих руду. Именно этим объясняется иногда более высокая чувствительность и глубинность этого метода по сравнению с металлометрической съемкой, отражающей обычно геохимию менее мощного подстилающего слоя. Проникновение корней на значительную глубину, наличие трещиноватости в коренных породах способствуют также увеличению глубинности биогеохимического метода. Кроме того, в отличие от других геохимических методов (литохимический, гидрохимический, металлометрическая съемка), биогеохимический поисковый метод использует и другие признаки — приуроченность растительных сообществ к зонам оруденения

и изменчивость растений (терратологические изменения биоморф) под влиянием повышенных содержаний рудных элементов в среде.

Поэтому комплексное применение литохимического, гидрохимического и биогеохимического методов может в значительной мере повысить эффективность геохимических поисков в целом. Этими соображениями и вызывалась необходимость включения в программу ландшафтно-геохимических работ Южно-Уральской экспедиции специальных биогеохимических исследований, проведенных геоботаническим отрядом в составе М. Д. Скарлыгиной, К. И. Левицкой, Н. Н. Сафоновой и студентов кафедры ботанической географии. Эти исследования проводились по программе, разработанной на кафедре ботанической географии под руководством проф. М. В. Корчагиной и А. А. Корчагина. Полевые исследования и камеральная обработка собранных материалов осуществлялась под руководством М. Д. Скарлыгиной.

Биогеохимические исследования носили методический характер и ставили своей целью выявить возможность применения биогеохимического метода (как вспомогательного) при поисках полиметаллических месторождений в различных ландшафтно-геохимических и геологических условиях на территории Оренбургской области. В качестве опытно-методических участков в 1960 г. были выбраны месторождения Комсомольское и Яман-Каса с проявлением медно-никелевой минерализации и безрудный участок в 9 км к югу от с. Имелля-Покровка Кувандынского района. Все три участка находятся в пределах лесостепной зоны. В 1961 г. один участок был взят в пределах Калиновской структуры Гайского месторождения в подзоне луговых степей, второй — на Можаровском гранитном массиве в 7—8 км к востоку от с. Можаровка Ново-Орского р-на в подзоне умеренно засушливых степей. Биогеохимические исследования в 1962 г. проводились в пределах Орь-Кумакского водораздела в подзоне сухих степей на опытном участке ЛГУ и на участке Дальний, в 4 км к юго-востоку от 5-й фермы совх. Акжарский Домбаровского района.

Всего за 1960—1962 гг. отобрано около 8000 флорометрических (проб растений) и 1000 металлометрических проб. Озолено 3320 (К. И. Левицкой, И. Н. Сафоновой, К. В. Антоновой) флорометрических проб. Получено спектральных анализов (Л. Ф. Азаровой в спектральной лаборатории НИГИ) 1586 флорометрических и 117 металлометрических проб.

МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

Учитывая основную задачу Южно-Уральской экспедиции, все исследования геоботанического отряда преследовали единую цель — выяснение возможности поисков полезных ископаемых по растительному покрову. Поскольку полезные ископаемые могут оказывать влияние на а) биогеохимический состав растений (биогеохимический метод) и б) видовой состав и строение растительных сообществ (геоботанический метод), то в плане работ этого отряда было предусмотрено использование всех этих методов. Более того, выяснение биогеохимического состава растений вообще невозможно без изучения тех растительных сообществ, в состав которых они входят и которые являются их фитоценотической средой обитания, так как рост, развитие и свойства одних и тех же растений неодинаковы в различных растительных сообществах. Поэтому все биогеохимические исследования геоботанического отряда включали, вернее предваряли, также и изучение растительных сообществ и их картирование.

Основным методом всех полевых работ был метод профилирования. Протяженность профилей и расстояние между ними были различными в зависимости от конкретных условий опытно-методических участков. Над месторождениями профили закладывались перпендикулярно простиранию рудного тела и выходили за его пределы. Отбор флорометрических проб проводился в каждом сообществе. Расстояние между пробными площадками и их количество на профиле определялись, таким образом, фитоценотическим разнообразием растительных сообществ и их протяженностью. Расстояние между профилями в пределах рудных месторождений было 100—200 м, на безрудных участках — 500—1000 м, а шаг отбора по профилю равнялся 40—100 м.

Из видового состава в пробу отбирались эдификаторы (средообразующие растения) и доминанты (преобладающие растения) сообществ, по возможности прослеживающиеся по всему профилю. На каждой пробной площадке размером около 5 м² отбиралось по 3—6 видов. Сырой вес пробы составлял не менее 200 г. При отборе в пробу соблюдалась одновозрастность отбираемых особей, их фенологическое состояние и учитывались другие условия. Так как не только различные виды растений, но и различные их части по-разному накапливают химические элементы, то для выяснения, в каких именно органах растений происходит наибольшее накопление элементов, в пробы отдельно отбирались корни, стебли, листья, цветы и плоды. А для выяснения, в какие фазы развития растения являются лучшими индикаторами для поисковых целей в данных условиях, на одних и тех же площадях производился 3-кратный отбор одних и тех же видов. Для оценки флорометрического метода по сравнению с металлометрическим одновременно на тех же площадях, где отбирались виды растений, были взяты и металлометрические пробы с глубины 20—30 см. Для выявления особенностей миграции элементов в системе порода — почва — растение по возможности отбирались литологические пробы, сопряженные с флорометаллометрическими, и почвенные образцы по генетическим горизонтам в основных типах почв на всех опытных участках. К сожалению, по не зависящим от нас причинам собранный материал обработан лишь частично, что исключает возможность остановиться в настоящей главе на всех этих вопросах.

При отборе проб в поле принимались меры, чтобы предохранить их от загрязнения, которое может существенно повлиять на результаты анализов. Поэтому корни, отбираемые в пробу, отрезались от надземной части сразу же в поле и завертывались отдельно. В этот же день корни промывались. Вода, в которой промывались корни, анализировалась на содержащиеся в ней металлы. Пробы сразу же высушивались в бумажных конвертах на солнце. В сухом виде пробы хранятся до момента озоления. Озоление проб проводилось обычным сухим методом. Полученная зола подвергалась спектральному полуколичественному анализу на 17 элементов: Co, Ni, Ti, V, Mo, Zr, Cu, Zn, Ga, Mn, Pb, Y, Be, Sr, Ba, Cr, Yb.

При статистической обработке результатов анализов было рассчитано среднее для определенных ландшафтно-геохимических условий содержание элементов в золе различных растений и их отдельных частей, а также в отдельных генетических горизонтах почв. Данные анализы позволили рассчитать ряд коэффициентов: 1) контрастности (K_k) для отдельных видов, представляющий отношение максимального содержания того или иного элемента к минимальному содержанию этого же элемента. Этот коэффициент показывает чувствительность данного вида к химическому составу почв и пород; 2) интенсивности (K_i), представляющий отношение максимального содержания того или иного

Таблица 28

Содержание металлов в золе растений

на опытном участке ЛГУ, $n \cdot 10^{-3} \%$

Название растений	Cu	Ni	Co	Zn	Mo	Pb	Cr	Ti	Zr	Mn	V	Ba	Sr	Ga	Yb	Y	Be
<i>Caragana frutex</i> (L.) C. Koch.	10 Мин. 40 Макс. 17,5 Средн.	8 — 30 — 19,3	— — — — 1	— — — — —	— — — — 0,5	1 5 2,4	8 10 1,5	0,3 100 34,3	1 3 1,5	150 500 287,5	3 20 10,2	10 200 73,3	30 300 155	0,5 1 0,4	— — 0,3	— — 0,01	— — —
<i>Anabasis salsa</i> (C. A. M.) Benth.	10 Мин. 60 Макс. 32,9 Средн.	8 — 10 — 8,7	1 — 3 — 1,7	— 200 66,6	— 1 — — 0,3	— — — — —	— — — — —	400 600 500	1 3 2	200 400 300	30 100 63,3	100 200 20	1 3 150	— — 1,2	— — 0,3	— — 3,7	— — 0,03
<i>Artemisia austriaca</i> Jacq.	20 Мин. 50 Макс. 36,6 Средн.	8 — 15 — 10,3	1 — 3 — 2,3	— — — — —	— — — — —	2 5 3,7	— — 366,6	100 500 3,8	2 5 316,7	150 400 316,7	6 100 42	20 100 60	30 100 63,3	— — 2	— — 0,3	— — 3	— — 0,1
<i>Artemisia lessingiana</i> Bess.	15 Мин. 50 Макс. 28,5 Средн.	8 — 30 — 20,8	3 — 40 200 10,8	100 — 100 100	1 — 3 — 1,5	1 10 4,5	8 20 3,2	150 2661* 620,7	3 10 5,8	100 800 510	20 200 103	3 100 42,3	8 100 38,8	1 3 2,3	0,5 3 0,9	0,5 10 4,9	0,1 1 0,4
<i>Artemisia nitrosa</i> Web.	10 Мин. 60 Макс. 32,9 Средн.	3 — 40 — 16,6	1 — 30 100 5,6	— 100 51	1 — 2 — 1,1	1 10 4,5	8 20 3,2	100 1229* 620,7	1 20 6,4	200 1000 484,6	6 200 64,6	10 100 36,3	3 500 87	0,5 3 0,7	0,5 6 1,2	0,5 10 3,5	0,1 0,5 0,2
<i>Atriplex cana</i> C. A. M.	10 Мин. 30 Макс. 21,3 Средн.	3 — 20 — 10,3	1 — 15 100 4,6	— 100 30	— 3 — 0,7	1 5 1,9	10 15 1,5	3 1000 546,9	1 10 3,7	100 1500 620	10 200 61,7	10 80 21,6	30 100 63,3	0,5 3 1,1	0,3 3 0,3	1 10 2	0,1 0,5 0,1
<i>Atriplex verrucifera</i> M. B.	— Мин. — Макс. — Средн.	— — — 10 — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —		
<i>Camphorosma monspeliacum</i> L.	20 Мин. 30 Макс. 25 Средн.	15 — 15 — 15	10 — 30 — 20	— — — — n/o	— 1 — 0,7	1 3 2	— — —	— 1000 1000	— 15 12,5	1000 1500 1250	10 200 150	20 100 35,5	100 150 125	1 3 2	2 3 2	10 15 12,5	0,3 0,4 0,3
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.	10 Мин. 40 Макс. 23,3 Средн.	15 — 15 — 10	3 — 10 — 7,7	— — — — n/o	— — — — —	1 2 1,3	— 10 3,3	40 800 546,9	3 10 5,3	500 2000 1100	10 100 70	3 30 14,3	15 100 51,7	0,5 1 0,8	— 0,5 0,2	2 8 3,3	0,1 0,3 0,1
<i>Limonium suffruticosum</i> (L.) Ktze.	10 Мин. 40 Макс. 30 Средн.	8 — 30 — 17,8	1 — 20 3 6,1	— 100 52,5	0,5 3 1,1	1 5 2,5	— 10 4	200 1000 740	1 15 5	200 400 192	30 200 103	10 100 37	10 150 77	0,5 3 1,3	0,3 1 0,5	1 10 5,7	0,1 0,4 0,2
<i>Pyrethrum achilleifolium</i> M. B.	20 Мин. 50 Макс. 30 Средн.	3 — 10 — 7,8	1 — 20 1 8,7	100 — 200 1 133,3	— — 1 — 0,7	1 4 1,75	— 10 2,5	100 800 550	3 10 4,5	600 1000 800	10 100 57,5	30 60 47,5	40 100 65	0,5 3 1,2	— 0,5 0,3	1 5 3	— 0,3 0,1
<i>Agropyron intermedium</i> (Host.) P. B.	15 Мин. 30 Макс. 2,5 Средн.	3 — 10 — 6	— — — — —	— — — — —	— 1 — 0,3	— 1 0,7	— — —	50 300 150	1 3 1,7	60 100 86,6	20 40 20	3 100 13,3	— 100 63,3	— 0,5 0,2	— 0,5 0,2	— 5 1,7	— 0,3 0,1
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	— Мин. — Макс. — Средн.	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— 3 3	— 100 100	— 4 4	— 10 10	— 30 30	— — —	— — —	— — —	— — —	
<i>Festuca sulcata</i> Hack.	3 Мин. 40 Макс. 11,8 Средн.	3 — 30 — 7,6	— — 3 — 0,9	— 30 1,5	— 3 0,5	1 8 2,8	— — —	30 600 136	0,5 10 2,9	20 300 129	3 100 19,9	10 60 48,9	3 100 46,7	0,5 3 0,3	0,3 0,5 0,5	0,5 5 0,8	0,1 0,3 0,02
<i>Koeleria gracilis</i> Pers.	5 Мин. 10 Макс. 7 Средн.	1 — 3 — 5	1 — 3 — 1,6	— — — — —	— 1 — 0,7	— 1 1	— 8 2,7	3 150 52	— 1 1	200 500 333,3	3 15 9,3	— 20 13,3	30 80 46,7	— 1 0,3	— 1 —	— 1 —	— 0,3 —
<i>Poa stepposa</i> (Kryl.) Roshev.	— Мин. 15 Макс. — Средн.	— — 8 — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— 1 —	— — —	— 3 1	— 100 100	— 3 1	— 20 60	— 20 20	— 30 100	— — —	— — —	— — —	— — —
<i>Puccinellia dolicholepis</i> V. Kretz.	10 Мин. 30 Макс. 18,75 Средн.	1 — 10 — 6	— — — — —	— — — — —	— 1 — 0,4	— 1 —	— — —	20 100 50	— 1 1	40 60 52,5	3 20 10,7	10 30 42,5	30 30 70	— — —	— — —	— — —	— — —

* По данным химического анализа.

Название растений	Cu	Ni	Co	Zn	Mo	Pb	Cr	Ti	Zr	Mn	V	Ba	Sr	Ga	Yb	Y	Be	
<i>Stipa capillata</i> L.	Мин. . .	3	3	—	—	—	—	—	10	10	3	10	3	0,5	—	1	—	
	Макс. . .	20	30	3	—	—	—	—	4,7	300	40	40	100	1	—	3	—	
	Средн. . .	10,9	7,9	0,9	—	0,4	—	—	—	106	3,2	52,5	18,5	23,5	25,2	0,3	0,5	—
<i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr.	Мин. . .	10	3	—	—	—	—	—	1	5	1	10	3	1	—	—	—	
	Макс. . .	15	3	—	—	—	—	—	3	30	1	500	3	20	30	—	—	
	Средн. . .	11,7	3	—	—	—	—	—	2,3	15	1	236,6	3	13,3	10,7	—	—	
<i>Stipa rubens</i> P. Smirn.	Мин. . .	6	1	—	—	—	—	—	1	1	1	10	3	10	3	—	—	
	Макс. . .	20	8	1	—	—	—	—	6	40	3	100	20	40	60	0,5	—	
	Средн. . .	19,1	3,75	0,08	—	0,5	—	—	2	12,1	1,3	65,8	5,8	2,7	23,9	0,2	—	
<i>Artemisia dracunculus</i> L.	Мин. . .	10	3	—	—	—	—	—	—	0,3	—	100	3	10	30	—	—	
	Макс. . .	15	6	—	—	—	—	—	1	3	1	200	3	30	100	—	—	
	Средн. . .	11,7	7,7	—	—	0,3	—	—	0,7	1,4	0,3	166,6	3	23,3	75,7	—	—	
<i>Artemisia tanacetifolia</i>	Мин. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Макс. . .	10	3	—	—	—	—	—	—	—	3	100	3	30	100	—	—	
	Средн. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Eryngium planum</i> L.	Мин. . .	3	1	—	—	—	—	—	—	6	3	—	100	8	15	8	—	—
	Макс. . .	20	2	—	—	—	—	—	2	10	—	1000	20	50	40	—	—	
	Средн. . .	11	1	—	—	—	—	—	—	5,7	—	466,6	14	32,5	24	—	—	
<i>Filipendula hexapetala</i> Gilib.	Мин. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	
	Макс. . .	10	15	—	—	—	—	—	—	—	0,5	1	500	—	10	3	—	
	Средн. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Limonium gmelinii</i> (Willd.) Ktze.	Мин. . .	10	2	—	—	—	—	—	—	1	—	—	10	5	3	10	—	—
	Макс. . .	40	10	30	—	—	—	—	0,2	200	1	150	10	10	100	1	—	
	Средн. . .	18	5,6	6,6	—	—	0,2	—	—	43,4	0,2	78	4	8,6	48	0,3	—	
<i>Linosyris tatarica</i> (Less.) C. A. M.	Мин. . .	10	3	—	—	—	—	—	—	1	1	1	30	1	3	3	0,3	
	Макс. . .	40	10	2	—	—	—	—	0,8	10	400	4	400	40	30	150	1	
	Средн. . .	17,5	4,3	0,5	—	0,4	—	—	0,8	0,8	130	1,5	270,5	9,2	15,1	41,1	0,08	
<i>Linosyris villosa</i> (L.) DC	Мин. . .	8	3	—	—	—	—	—	—	8	0,3	1	30	—	2	3	0,5	
	Макс. . .	30	20	3	200	1	—	—	3	15	200	2	500	8	30	150	1	
	Средн. . .	19,6	13,5	0,4	11,1	0,3	—	—	1,4	3,7	17,8	0,5	241,1	—	11,1	34,5	0,7	
<i>Ornitogallum fischerianum</i> Krasch.	Мин. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Макс. . .	5	4	—	—	—	—	—	—	—	1	—	80	3	40	30	—	
	Средн. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Phlomis tuberosa</i> L.	Мин. . .	6	3	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	30	3	10	10	—	
	Макс. . .	30	10	—	—	—	—	—	0,3	—	6	1	200	10	40	100	—	
	Средн. . .	15,8	6,3	—	—	—	—	—	—	2,7	0,5	86,6	3,7	25	46,7	—	—	
<i>Potentilla impolita</i> Wahlenb.	Мин. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Макс. . .	3	3	—	—	—	—	—	—	—	5	1	300	10	30	100	—	
	Средн. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Salvia stepposa</i> Schost.	Мин. . .	10	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	50	3	20	1	—	
	Макс. . .	10	3	—	—	—	—	—	0,5	—	1	—	10	3	50	100	—	
	Средн. . .	10	2	—	—	0,5	—	—	0,5	—	—	75	3	35	50,5	—	—	
<i>Serratula nitida</i> Fisch.	Мин. . .	6	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	10	3	15	6	—	
	Макс. . .	20	3	—	—	—	—	—	—	—	0,5	100	20	60	600	—	—	
	Средн. . .	11,5	0,75	—	—	—	—	—	—	—	4,25	1	47,5	11	38,3	168,7	—	
<i>Sedum hybridum</i> L.	Мин. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	100	—	50	100	—	
	Макс. . .	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Средн. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Seseli teidebourii</i> G. Don	Мин. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	50	—	80	100	—	
	Макс. . .	10	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Средн. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Silaus besseri</i> DC	Мин. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	100	10	20	100	—	
	Макс. . .	10	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Средн. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Название растений	Cu	Ni	Co	Zn	Mo
<i>Diploschistes scruposus</i> (Schreb.) Norn.	Мин. . .	30	8	—	—
	Макс. . .	60	30	20	300
	Средн. . .	38	17,5	6,2	150
<i>Parmelia vagans</i> Nyl.	Мин. . .	20	10	10	—
	Макс. . .	50	30	7	100
	Средн. . .	24	16,6	3,3	33,3
<i>Parmelia ryssolea</i> (Ach.) Nyl.	Мин. . .	—	—	—	—
	Макс. . .	20	10	3	—
	Средн. . .	—	—	—	—

элемента к фоновому (среднему). Коэффициент интенсивности указывает на интенсивность проявления биогеохимических аномалий; 3) биологического поглощения элементов (K_b), представляющий отношение содержания данного элемента в растении к содержанию его в почве.

На основании произведенных расчетов дается оценка индикаторной роли отдельных видов и растительных сообществ при поисках полезных ископаемых.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ОПЫТНОГО УЧАСТКА ЛГУ

Интерпретация данных по элементарному составу золы растений связана с решением двух основных вопросов: выявлением в золе растений элементов-индикаторов и растений-индикаторов по отношению к этим элементам и определением по элементам-индикаторам биогеохимических аномалий.

ВЫЯВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ-ИНДИКАТОРОВ И РАСТЕНИЙ-ИНДИКАТОРОВ

Элементы-индикаторы, выявленные в золе растений, должны указывать на специфичность химического элементарного состава почв или горных пород. Выявление элементов-индикаторов в золе растений того или иного вида основано на величине коэффициентов контрастности и интенсивности, а также на учете характера графиков содержания химических элементов в золе изучаемых растений, произрастающих по профилю. Среднее содержание одного или нескольких элементов в золе того или иного вида растений, произрастающих в данном районе, является местным биогеохимическим фоном этих элементов. Практически можно считать, что содержание элементов-индикаторов должно быть минимум в 3 раза больше их среднего содержания (местного биогеохимического фона) в золе данных растений (Ткалич, 1959).

График, показывающий изменение содержания элемента-индикатора по профилю, отличается неровным ходом с резко выраженнымами пиками. График, имеющий вид «пилы», характерен для состава золы растений, произрастающих на почвах или горных породах, не содержащих высоких концентраций каких-либо химических элементов.

В табл. 28 приведены средние максимальные и минимальные содержания элементов в золе всех опробованных растений на опытном участке ЛГУ. Как элементы-индикаторы заслуживают внимания медь, никель, кобальт, титан, цирконий, ванадий, барий, иттербий, стронций, иттрий. Большое количество элементов-индикаторов обусловливается тем, что растительность, особенно при опробовании всего видового со-

Pb	Cr	Ti	Zr	Mn	V	Ba	Sr	Ga	Yb	Y	Be
1 10 3,6	10 100 32	— 1000 1000	10 30 16	30 500 266	100 300 160	30 40 32	— — —	1 3 1,8	1 10 2,4	1 20 4,2	0,3 1 0,5
1 10 5	10 20 10	— 1000 1000	4 15 8,5	150 600 312,5	80 250 145	20 40 30	40 100 75	1 3 1,7	0,3 10 3,6	8 40 18,2	0,3
— 3 —	— — —	— 800 —	— 5 —	— 100 —	— 100 —	— 30 —	— 100 —	— 1 —	— 30 —	— 0,3 —	—

става, является более чутким индикатором химизма подстилающих пород, чем почва.

Выделение Cu и Ni как элементов-индикаторов основано на изменении их содержаний по профилю в золе типчака *Festuca sulcata* (рис. 19). Оба эти графика идентичны между собой. На ровной линии резко выделяются два максимума: первый по Cu и Ni наблюдается на пл. 37, второй — по Ni на пл. 52, по Cu на пл. 53. Кроме того, максимальные концентрации Cu полынью селитряной *Artemisia nitrosa* наблюдаются на пл. 21, Ni этим же видом — на пл. 27. В концентрации Co выделяются также два максимума — на пл. 23 (у двух растений-индикаторов: *Artemisia nitrosa* и *Limonium suffruticosum*) и на пл. 35 (у *Artemisia lessingiana*) (рис. 19). Таким образом, по отношению к Co, как элементу-индикатору, выступает большая группа растений-индикаторов, чем по отношению к Co и Ni.

Считать Ti элементом-индикатором дает основание наличие резкого пика на пл. 25 (см. рис. 18) у *Artemisia lessingiana*, отвечающего максимальному содержанию Ti по профилю. На этой же площадке отмечается максимальное содержание Ti типчака. Выделение Ti как элемента-индикатора подтверждается анализом элементарного состава золы и у *Festuca sulcata*, *Stipa rubens*, *Linosyris villosa*, *Linosyris tatarica*, K_b которых равен 3—4. Но так как K_b у этих видов 1, то наилучшим индикатором при поисках титансодержащих руд в условиях засушливой степи является *Artemisia lessingiana*.

Zr как элемент-индикатор хорошо выделяется при анализе химического состава золы *Artemisia nitrosa*, *Limonium suffruticosum*, *Festuca sulcata* и *Stipa capillata*. K_b у этих растений лежит в пределах 3,0—3,4, а K_k колеблется от 10 до 20. Наибольшую ценность в качестве растения-индикатора при поисках Zr представляет *Artemisia nitrosa*. На пл. 17 и 20 график содержания Zr в золе *Artemisia nitrosa* имеет 2 пика (см. рис. 18), соответствующих максимальному накоплению Zr в растениях ($15 \cdot 10^{-3}$ и $2 \cdot 10^{-3} \%$).

Элемент-индикатор V выделяется по элементарному составу золы у целой группы растений: *Artemisia nitrosa*, *Atriplex cana*, *Festuca sulcata*, *Linosyris tatarica*. K_b для этого элемента у вышеперечисленных растений колеблется от 3,1 до 5,2, а K_k — от 20 до 40. Графики изменения содержания V по профилю у *Artemisia nitrosa*, *Atriplex cana*, *Festuca sulcata* (см. рис. 18) имеют резко выраженные пики, также отвечающие поведению элементов-индикаторов. *Artemisia nitrosa* в поисковых целях представляет больший интерес, так как K_b у нее больше 1.

У элементом-индикатором отмечен в элементарном составе золы у многих растений: *Artemisia nitrosa*, *Atriplex cana*, *Festuca sulcata*, *Stipa capillata*, *Diploschistes scruposus*. K_b у этих растений составляет 2,9—

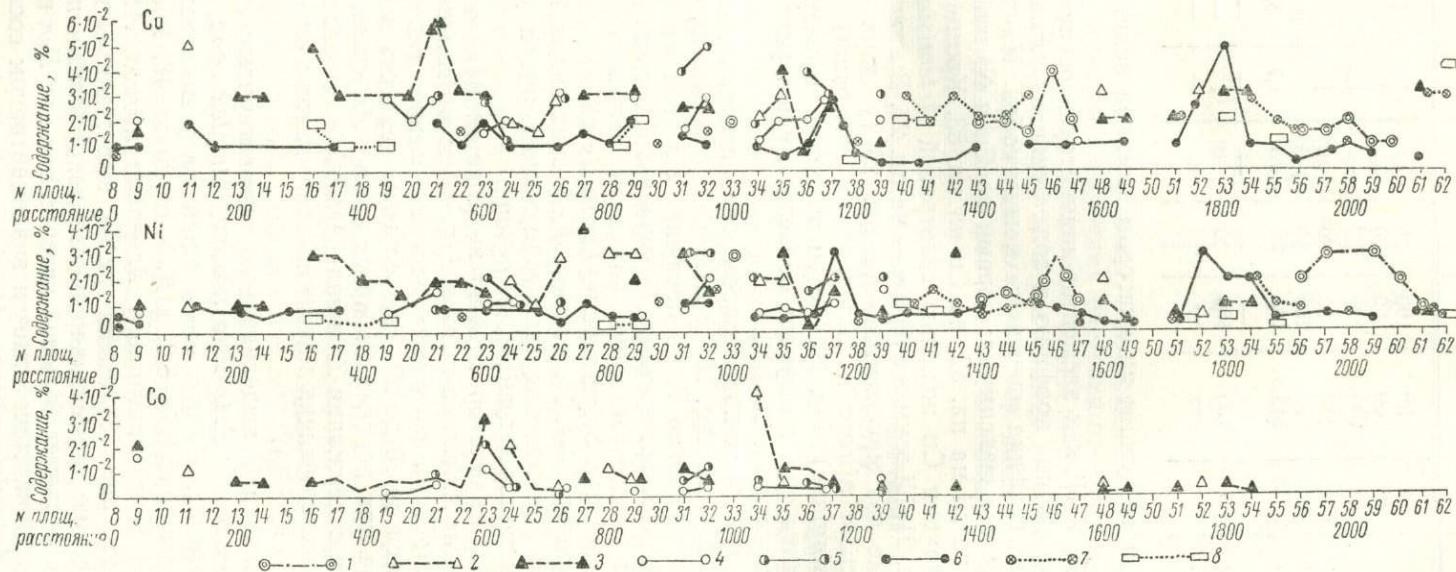


Рис. 19. Изменение содержания Cu, Ni, Co в золе растений.

1 - *Caragana frutex*; 2 - *Artemisia lessingiana*; 3 - *Artemisia nitrosa*; 4 - *Atriplex cana*; 5 - *Limonium suffruticosum*; 6 - *Festuca sulcata*; 7 - *Linosyris villosa*; 8 - *Linosyris tatarica*.

$K_{\text{к}} = 10-20$. Наиболее типичный характер для элементов-индикаторов имеют графики (см. рис. 18) у *Artemisia nitrosa* (резкий пик на пл. 20) и *Atriplex cana* (пик на пл. 36). Большее значение при поисках имеет *Artemisia nitrosa*, так как она является одним из широко распространенных видов, и ее K_b близок к 1. *Camphorosma monspeliacum* и *Parmelia vagans* хотя и являются наиболее сильными концентраторами Y, но имеют ограниченное распространение.

Yb как элемент-индикатор особенно хорошо выделяется в элементарном составе золы у *Diploschistes scruposus* и *Artemisia nitrosa*. $K_{\text{и}}$ у этих растений соответственно равен 4,2 и 5,0, а $K_{\text{к}} = 10-12$. График изменения содержания по профилю (см. рис. 18) имеет горбообразный характер с максимальными концентрациями на пл. 16-17. В качестве элемента-индикатора отмечается и у *Artemisia lessingiana* и *Atriplex cana*, но ввиду меньшей распространенности этих видов и меньшего содержания Yb в них наибольшую ценность при поисках представляет *Artemisia nitrosa*. Более сильные концентраторы Yb, чем *Artemisia nitrosa*, *Parmelia vagans* и *Diploschistes scruposus* не имеют широкого распространения.

В элементарном составе золы растений Sr как элемент-индикатор выделяется особенно резко у *Artemisia nitrosa*. $K_{\text{и}}$ у этого вида равен 5,7, $K_{\text{к}} = 166,7$. Менее резко элемент-индикатор Sr отмечается в золе *Festuca sulcata*, *Stipa capillata*, *Linosyris tatarica* и *Linosyris villosa*. $K_{\text{и}}$ для Sr у этих растений колеблется от 2,6 до 4,3, а $K_{\text{к}}$ — от 33,3 до 50. Графическое изображение изменения содержаний Sr по профилю у *Artemisia nitrosa* (см. рис. 18) также отвечает ходу графика элемента-индикатора. Имеется резкий пик на пл. 39, отвечающий максимальной концентрации этого элемента в растениях, — 0,5 %. По характеру графика к растениям-индикаторам по отношению к Sr примыкает *Caragana frutex* с резкими пиками на пл. 46 и 59, хотя ее коэффициент интенсивности и контрастности является менее показательным.

Ва элементом-индикатором выделяется в элементарном составе золы у *Caragana frutex* и *Atriplex cana*, $K_{\text{и}}$ которых соответственно равен 2,7 и 3,7, а $K_{\text{к}} = 20$ и 8,0. Графики изменения в содержании Ва по профилю (см. рис. 18) являются типичными. У *Caragana frutex* острые пики приходятся на пл. 43 и 59, у *Atriplex cana* — на пл. 14. Наилучшим растением-индикатором Ва является *Caragana frutex*, как более сильный концентратор этого элемента ($K_b = 4$).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

Наличие элементов-индикаторов в золе растений является признаком биогеохимической аномалии. В табл. 29 приводится содержание элементов-индикаторов в золе растений-индикаторов, характеризующих эту биогеохимическую аномалию. Из данных этой таблицы следует, что показатели интенсивности биогеохимических аномалий по всем элементам-индикаторам не превышают 10, а $K_{\text{и}}$ колеблются в более широких пределах. Такие аномалии, у которых $K_{\text{и}}$ представляют собой отношение аномального (максимального) содержания элемента к его фоновому (среднему) содержанию ($K_{\text{и}} = \text{Ca} : \text{C}_{\text{ф}} < 10$), являются слабыми биогеохимическими аномалиями. Однако необходимо учесть, что в пределах опытного участка биогеохимический фон всех элементов, вычисленный по их средним содержаниям, является несколько завышенным. Во всех случаях среднее содержание химических элементов в золе растений, принадлежащих к одному и тому же виду, выше модального содержания этих элементов у тех же самых растений.

Таблица 29

Содержание элементов-индикаторов в золе растений-индикаторов в $n \cdot 10^{-3}\%$

Элементы-индикаторы	Растения-индикаторы	Процентное содержание химических элементов			Принятые значения содержаний		K_i	K_k
		мин.	макс.	средн.	апо- модаль- ного C _а %	фоново- го C _ф %		
Cu	<i>Festuca sulcata</i>	3	40	11,8	40	11,8	3,3	13,3
Ni	<i>Festuca sulcata</i>	3	30	7,6	30	7,6	4,0	10,0
Co	<i>Artemisia lessingiana</i>	3	40	10,8	40	10,8	3,7	10,3
	<i>Artemisia nitrosa</i>	1	30	5,6	30	5,6	5,4	30,0
	<i>Atriplex cana</i>	1	15	4,6	150	4,6	3,5	15,0
	<i>Limonium suffruticosum</i>	1	20	6,1	20	6,1	3,3	20,0
Ti	<i>Artemisia lessingiana</i>	150	2610	84,5	2610	84,5	3,1	17,0
	<i>Festuca sulcata</i>	30	600	13,6	600	13,6	4,4	20,0
Zr	<i>Artemisia nitrosa</i>	1	20	6,4	20	6,4	3,1	20,0
	<i>Limonium suffruticosum</i>	10	15	5,0	15	5,0	3,0	15,0
	<i>Festuca sulcata</i>	0,5	10	2,9	10	2,9	3,4	20,0
	<i>Stipa capillata</i>	1	10	3,2	10	3,2	3,1	10,0
Y	<i>Artemisia nitrosa</i>	0,5	10	3,5	10	3,5	2,9	20,0
	<i>Atriplex cana</i>	1	10	2,0	10	2	5,0	10,0
	<i>Festuca sulcata</i>	0,5	5	0,8	5	0,8	6,2	10,0
	<i>Stipa capillata</i>	1	3	0,5	3	0,5	6,0	3,0
Yb	<i>Diploschistes scruposus</i>	1	20	4,2	20	4,2	4,8	20,0
	<i>Artemisia nitrosa</i>	0,5	6	1,2	6	1,2	5,0	12,0
	<i>Artemisia lessingiana</i>	0,5	3	0,9	3	0,9	3,3	6,0
	<i>Atriplex cana</i>	0,3	3	0,3	3	0,3	10,0	10,0
V	<i>Diploschistes scruposus</i>	1	10	2,4	10	2,4	4,2	10,0
	<i>Artemisia nitrosa</i>	6	200	64,6	200	64,6	3,1	33,3
	<i>Artemisia cana</i>	10	200	61,7	200	61,7	3,2	20,0
	<i>Festuca sulcata</i>	3	100	19,9	100	19,9	5,2	33,3
Sr	<i>Stipa rubens</i>	3	20	6,7	20	6,7	3,4	6,7
	<i>Linosyris tatarica</i>	1	40	9,2	40	9,2	4,3	40,0
	<i>Caragana frutex</i>	30	300	15,5	300	15,5	1,9	10,0
	<i>Artemisia nitrosa</i>	3	500	8,7	500	8,7	5,7	166,7
Ba	<i>Festuca sulcata</i>	3	100	37,2	100	37,2	2,6	33,3
	<i>Stipa capillata</i>	3	100	33,3	100	33,3	3,9	33,3
	<i>Linosyris villosa</i>	3	150	34,5	150	34,5	4,3	50,0
	<i>Linosyris tatarica</i>	3	150	40,1	150	40,1	3,7	50,0
Ba	<i>Caragana frutex</i>	10	200	73,3	200	73,3	2,7	20,0
	<i>Atriplex cana</i>	10	80	21,6	80	21,6	3,7	8,0

Показателен в этом отношении следующий пример: среднее содержание Со в золе *Artemisia lessingiana* составляет $10 \cdot 8^{-3}\%$, а модальное содержание — $3 \cdot 10^{-3}\%$. Максимальной концентрацией этого растения является $40 \cdot 10^{-3}\%$. K_i , вычисленный как отношение максимального содержания Со к его модальному содержанию, составляет 13. По-видимому, биогеохимическая аномалия по Со является более интенсивной, чем аномалии по другим элементам. На этом же основании к числу растений-индикаторов на Ni следует отнести и *Linosyris villosa*, у которой K_i , вычисленный как отношение максимального содержания к модальному, равен 3,3 и т. д.

Выявленные биогеохимические аномалии являются, по-видимому, истинными. Содержание элементов по данным спектрального анализа

Таблица 30

Содержание химических элементов в породах и растениях, $n \cdot 10^{-3} \%$

Элементы	Карамалтыашская свита	Жилы, секущие эфузивы	<i>Artemisia nitrosa</i>	<i>Artemisia lessingiana</i>	<i>Caragana frutex</i>
Ni	Макс.	150/1,1*	20/22	4/3,8	—
	Средн.	11,0	8,5	16,6	—
	Модальн. 1/2**	3/10—15	0/15	10/20—30	—
Co	Макс.	10/18,5	100/9,1	30/4	40/10
	Средн.	2,1	2,2	5,6	10,3
	Модальн. 1/2	3/10	0	6	3/10
Cu	Макс.	50/1	30/27,4	60/3,9	—
	Средн.	19	13	32,9	—
	Модальн. 1/2	30	30	30	—
V	Макс.	150/7	100/36,3	200/3,8	—
	Средн.	81	52	64,6	—
	Модальн. 1/2	100	100	100	—
Cr	Макс.	250/1	60/27,3	20/40	—
	Средн.	28	18	3,2	—
	Модальн. 1/2	0/60	0/50	0	—
Ba	Макс.	100/3,1	30/9	150/3,8	200/8,4
	Средн.	1,8	3	46,5	73,3
	Модальн. 1/2	0	0	30	100
Ti	Макс.	80/1,2	200/16,7	1229/3,8	2610/1
	Средн.	122	88	555,8	—
	Модальн. 1/2	100	60	800	600/800
Zr	Макс.	80/2,9	30/29,3	20/4	—
	Средн.	9,5	14,5	6,4	—
	Модальн. 1/2	0/9	30	3/10	—
Ga	Макс.	10/6,4	10/18,2	3/8	3/60
	Средн.	4,6	4,7	0,7	3
	Модальн. 1/2	3/6	3/6	1	3
Yb	Макс.	30/1	60/10	6/14,3	—
	Средн.	0,5	2,3/8,1	1,2	—
	Модальн.	0	0	1,3	—
Mn	Макс.	—	—	1000/3,8	—
	Средн.	—	—	489,6	—
	Модальн. 1/2	—	—	400/600	—
Sr	Макс.	—	—	500/4	—
	Средн.	—	—	87	—
	Модальн. 1/2	—	—	100	—
Pb	Макс.	—	—	10/3,8	—
	Средн.	—	—	4,5	—
	Модальн. 1/2	—	—	3/6	—
Be	Макс.	Сл.; 1; 0,1; 0,1	—	0,5/18,2	—
	Средн.	—	—	0,2	—
	Модальн. 1/2	—	—	0,3	—
Y	Макс.	—	—	10/8,7	—
	Средн.	—	—	3,5	—
	Модальн. 1/2	—	—	3	—
Mo	Макс.	0,5; 0,6; Сл.	—	2/42	—
	Средн.	Сл.; Сл.; Сл.; Сл.	—	1/1	—
	Модальн. 1/2	Сл.; 0,3; 1; 0,3	—	1	—
Zn	Макс.	Сл.; Сл.; Сл.; Сл.	—	100/22	—
	Средн.	Сл.; Сл.; Сл.; Сл.	—	51	—
	Модальн. 1/2	Сл.; 60; Сл.; 30; 3 3; 30; Сл.; Сл.	—	4/0	—

* Встречаемость от общего числа проб.

** Модальные значения первое и второе.

и в гумусовом и аллювиальном горизонтах опробованных почв в большинстве случаев одинаково. Биогенной аккумуляции тех или иных элементов в гумусовом горизонте практически не наблюдается. Для оценки данных по содержанию химических элементов в золе растений и биогеохимических аномалий в целом интересно сравнить их с геохимическими особенностями подстилающих пород. В табл. 30 приведены со-

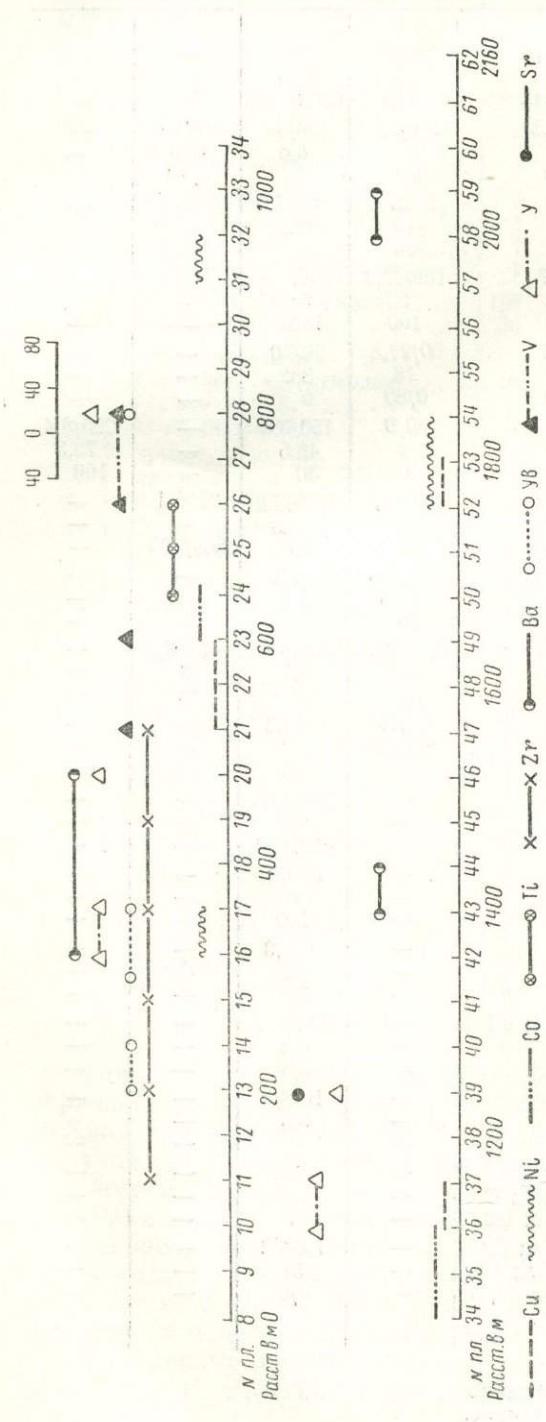


Рис. 20. Наиболее интенсивное проявление биогеохимических аномалий по элементам-индикаторам по профилю.

должно приведены со-
держания химических
элементов карамалыташ-
ской свиты, слагающей
аномалию, и жил, секу-
ющих эфузивы¹ (по дан-
ным М. М. Ермолаева), а
также некоторых расте-
ний-индикаторов.²

Повышенное по сравнению с породами среднее и модальное содержание в растениях Ni, Co, Ba, Ti, повышенное максимальное и среднее содержание V, Cu, наличие Y, Mn и других элементов связано, по-видимому, с большим обогащением этими элементами поля карамалыташской свиты в пределах рассматриваемого района. Последнее обстоятельство и обусловило проявление биогеохимических аномалий.

На рис. 20 показано пространственное распространение по профилю наиболее интенсивных биогеохимических аномалий, выявленных по содержанию различных элементов - индикаторов. Как видно из рисунка, аномалии распространены на небольшой площади и большинство аномалий не совмещается друг с другом (Cu , Ti , Co , V) или наблюдается лишь частичное совмещение ($\text{Ni}-\text{Co}$, $\text{Cu}-\text{Y}$, $\text{Zr}-\text{Sr}$ —

1 По результатам опробования вне пределов аномалии.

2 В таблицу из растений-индикаторов включены *Artemisia nitrosa* как универсальный индикатор и для примера два растения-индикатора отдельных элементов.

Y—Yb—Ni). Это может быть связано, при наличии рудного тела, с его небольшими размерами, залеганием рудного пласта на различной глубине, неодинаковыми условиями химического выветривания или, наконец, с неравномерным распределением различных минералов в зоне оруденения. В сопоставлении с геологическими данными последнее наиболее вероятно. Для проверки всех предположений, связанных с оценкой биогеохимических аномалий, необходимо бурение скважин.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений по вторичным ореолам и потокам рассеяния является надежным для этих биоклиматических условий.

2. В то же время этот метод в условиях каменистых степей с расчлененным рельефом и маломощными почвами, а также в условиях комплексной степи является более эффективным по сравнению с металлометрической съемкой.

3. Интерес для биогеохимического опробования представляют полукустарнички (главным образом различные виды полыней, кокпек, биоргун, камфоросма и др.), а также некоторые дерновинные злаки (тиграк, виды ковылей) и представители разнотравья, обладающие мощной и глубокой корневой системой.

4. Сравнение фоновых значений различных видов показывает, что в условиях повышенной минерализации среды происходит некоторое выравнивание содержания элементов в растениях (например, фоновое содержание Co у *Artemisia nitrosa* $5,6 \cdot 10^{-3}\%$, а у *Limonium suffruticosum* $-6,1 \cdot 10^{-3}\%$ и т. д.). Следовательно, при проведении биогеохимической съемки можно производить замену одних растений другими, если в этом имеется необходимость. Однако при этом должна учитываться концентрирующая способность видов. За единицу концентрирующей способности принимается содержание элемента в растении, чаще всего встречающегося на исследуемой площади. При нанесении на карту данных анализа различных растений содержание металлов в золе отдельных видов делится на этот коэффициент.

5. Выявленные в процессе исследования растения-индикаторы на определенные рудные элементы носят локальный характер, будучи пригодными лишь для этих же биоклиматических условий.

6. Вполне надежные результаты дает отбор в пробу надземной части растений целиком, что весьма облегчает биогеохимическое опробование. Каждая сложность подготовки проб к анализу снижается хорошо оборудованной лабораторией с достаточным количеством муфельных печей.

ГЛАВА XI

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ УЧАСТКОВ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ

В комплексе методов, применяемых при поисках месторождений, не вскрытых эрозией, геохимические методы имеют ведущее значение. При этом успех поисковых работ в значительной степени зависит от того, насколько учитываются различные факторы, влияющие на миграцию элементов и формирование полей рассеяния. В этой связи большой интерес представляет отбор площадей, в пределах которых постановка металлометрических работ наиболее целесообразна. Опыт работ, проведенных на Орь-Кумакском водоразделе, убеждает нас в том, что данная задача может быть решена на основе геоморфологического картирования, если оно ведется с соблюдением требований, перечисленных ниже.

РОЛЬ СОВМЕСТНОГО ИЗУЧЕНИЯ РЕЛЬЕФА И КОРРЕЛЯТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Изучение рельефа необходимо проводить в тесной связи с изучением коррелятивных рыхлых отложений. Это особенно важно для районов с длительным континентальным развитием, к которым относится исследованная территория. Собственно такие районы и являются наиболее благоприятными для проведения геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния.

Изучение коррелятивных рыхлых отложений позволяет в значительной степени уяснить историю развития рельефа, что в свою очередь дает возможность установить связь между рельефообразованием и осадконакоплением. Конечно, такое изучение не подменяет специальные исследования. Так, например, кору выветривания можно рассматривать как с геохимической точки зрения, так и с геоморфологической, т. е. в отношении связи ее с рельефом. Необходимость совместного анализа процессов рельефообразования и осадконакопления диктуется требованием учета истории развития вторичных ореолов рассеяния, которая может быть понята только на фоне истории развития рельефа и рыхлых отложений (Ю. В. Шарков и др.).

Естественно, что и геоморфологическая карта должна отражать связь между различными типами рельефа и рыхлых отложений. Знание условий образования рыхлых отложений помогает более дробному расчленению рельефа и выяснению происхождения того или иного его типа. Например, на геоморфологической карте Орь-Кумакского водораздела удалось выделить озерно-делювиальную и озерно-аллювиальную равнины (хотя морфологически они очень сходны) только благодаря тому,

что слагающие их отложения формировались в существенно различных тектонических и физико-географических условиях. Понятно, что такое разделение имеет большое значение для геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния, если учесть указанные различия в формировании этих равнин, детально рассмотренных в гл. II.

Результатом этих различий явилось то, что мощность озерно-аллювиальных отложений превышает в среднем в два-три раза мощность сзерни-делювиальных образований. Сравнительная оценка этих типов рельефа заставляет полагать, что более благоприятны для геохимических поисков участки, занятые озерно-делювиальной равниной.

Второй пример можно привести в связи с корой выветривания. На Орь-Кумакском водоразделе имеются три типа пенеплена, из них два фиксированы корой выветривания, а именно: пенеплен с остаточной корой выветривания досреднеюрского возраста, в течение длительного времени являвшейся областью сноса, и пенеплен с переотложенной корой выветривания, возраст которого более молодой — верхнеплиоценовый — нижнечетвертичный. Третий тип — это пенеплен со смытой корой выветривания (откопанный пенеплен).

Для постановки геохимических поисков наиболее благоприятен откопанный пенеплен, так как здесь мы можем изучать первичные ореолы, поскольку коренные породы выходят непосредственно на поверхность. Кроме того, эрозионный срез в таких местах более глубок, что также является важным благоприятным фактором (В. И. Смирнов). На втором месте стоит пенеплен, фиксированный остаточной корой выветривания.

Другим признаком, связанным с рыхлыми отложениями, который нужно учитывать при проведении геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния, является распределение их мощностей. В. И. Красников в зависимости от мощности рыхлых отложений выделяет четыре категории площадей.

Площади первой категории, с мощностью рыхлых отложений до 1—2 м, характеризуются открытыми ореолами нормальной интенсивности с большим количеством проявлений других поисковых признаков. Площади второй категории, перекрытые рыхлыми отложениями мощностью до 5 м, имеют резко ослабленные и редкие проявления других поисковых признаков. Площади третьей категории, с мощностью рыхлых отложений до 20—30 м, характеризуются развитием неглубоко погребенных ореолов рассеяния и отсутствием других поисковых признаков. И, наконец, площади четвертой категории, с мощным покровом рыхлых отложений (десятки, сотни метров), имеют глубоко погребенные ореолы рассеяния; другие поисковые признаки полностью отсутствуют.

По мнению же И. И. Гинзбурга (1947), геохимические методы поисков эффективны при мощности отложений не более 10 м. Таким образом, изучение мощностей рыхлых отложений является важным положением, но следует заметить, что при анализе необходимо определять не только суммарные мощности разреза рыхлой толщи осадков, но также и выяснить, какую мощность имеют отложения разного генезиса. Далеко не безразлично, рассматриваем ли мы 10 м коры выветривания или 10 м аллювиальных отложений.

Для оценки мощностей рыхлых отложений полезно составлять (по данным бурения или электроразведки) карты распределения равных мощностей осадочного чехла. На их основе можно построить гипсометрическую карту поверхности основания чехла рыхлых отложений. А это позволяет выявить ряд особенностей развития основных структурных элементов в новейший тектонический этап, а также установить характер

древнего рельефа, который в свое время определял протекание процессов выветривания и характер и направление миграции.

Специальные исследования, проведенные на Южном Урале И. И. Савельевым в 1941 г. по изучению влияния рельефа на процессы выветривания, показали, что распределение продуктов выветривания зависит от орографического устройства поверхности. Это связано с тем, что режим грунтовых вод зависит (наряду с другими факторами) от строения рельефа. И. И. Савельев полагает, что грунтовые воды, задерживаясь в понижениях, создавали различную щелочность и большие величины pH для пониженных участков древнего микрорельефа и меньшие для возвышенностей. В результате этого в пониженных участках (в щелочной среде) при выветривании серпентинитов накапливался ионитронит, а на возвышенных участках (в кислой среде) нонtronит быстро разрушался, и процесс шел в сторону образования силифицированных пород. Такой характер процесса выветривания привел к тому, что наибольшие концентрации никеля (как было установлено И. И. Савельевым для пяти месторождений никелевых силикатных руд Южного Урала) приурочены к понижениям древнего микрорельефа, которые слабо дренировались. Концентрация никеля зависит также и от размера и формы понижений. Данные И. И. Савельева позволяют сделать вывод, что чем резче выражены понижения в рельефе, тем выше концентрация никеля.

Таким образом, изучение древнего рельефа на основе специальных карт чрезвычайно полезно при геохимических поисках месторождений, связанных с корой выветривания. Значение строения древнего рельефа помогает и при дешифрировании геохимических аномалий.

Из необходимости совместного изучения рельефа и типов коррелятивных отложений вытекает и необходимость выделения этапов развития рельефа с установлением характерных для них физико-географических условий формирования вторичных ореолов рассеяния. Полезно составить для каждого из таких этапов специальные палеогеографические схемы. К такому же выводу еще раньше пришла и М. А. Глазовская, которая писала, что продолжительный период континентального развития Южного Урала, в течение которого происходила неоднократная смена условий гипергенной миграции рудных элементов, отразившаяся на характере вторичных ореолов рассеяния, заставляет обратиться к изучению вопросов палеогеографии (Глазовская и др., 1961). Историко-географический подход к изучению рельефа особенно важен для областей длительного континентального режима.

РОЛЬ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЛЬЕФА

Большинство вторичных, особенно механических, ореолов рассеяния, как правило, оказываются смещеными относительно рудного тела, причем величина смещения может достигать значительных размеров и исчисляться сотнями метров и даже километрами. Так, М. А. Глазовская (1961) выделяет в зависимости от величины смещения три типа механических ореолов: слабо смещенные (десятки метров), смещенные (сотни метров) и сильно смещенные (один-два километра).

Величина смещений механических ореолов рассеяния в значительной степени зависит от расчлененности рельефа, и хотя функциональной математической связи между этими явлениями нет, можно отметить все же, что с усилением расчленения рельефа величина смещения увеличивается, и наоборот. По нашему мнению, любая геоморфологическая карта должна содержать количественную характеристику рельефа, так как только она дает возможность судить об интенсивности и особен-

ностях экзогенных процессов. Тем более это представляется необходимым, если геоморфологическая карта используется при дешифрировании вторичных ореолов рассеяния. Для морфометрической характеристики рельефа можно применить любой из существующих морфометрических методов, ибо в их основе лежат одни и те же принципы. Однако в зависимости от целей используются разные показатели. Нами были использованы морфометрические показатели, предложенные В. Н. Ченцовым (1948), о чём говорится в гл. II.

Понятие густоты и глубины расчленения рельефа связано с представлениями о нижнем денудационном уровне или базисе денудации и верхнем денудационном уровне. Термин «базис денудации» был введен В. Пенком, который понимал под ним основание, или подножье, склона, по отношению к которому происходит его выплаживание. Под верхним денудационным уровнем В. Н. Ченцов, в отличие от В. Пенка, подразумевает «ближайшую к нижней точке точку водораздела по направлению наибольшего ската» (Ченцов, 1948).

Густота расчленения рельефа отражает горизонтальную расчлененность рельефа, показывая, насколько часто чередуются повышения и понижения, являясь, по выражению А. А. Борзова, своеобразным «ритмом» рельефа. Глубина расчленения рельефа отражает вертикальную расчлененность рельефа и определяется расстоянием по вертикали между двумя денудационными уровнями. Зная значение этих показателей, можно получить, разделив глубину расчленения рельефа на густоту, третий важный показатель — угол наклона.

Таким образом, при геоморфологическом картировании каждый тип и подтип рельефа должен быть морфометрически охарактеризован. Использование в этих целях трех показателей — густоты и глубины расчленения и среднего угла наклона — дает достаточный материал для суждения о степени расчлененности рельефа. Чтобы не загружать геоморфологическую карту, морфометрические показатели можно приводить в легенде.

РОЛЬ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ В КОМПЛЕКСЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ

При составлении геоморфологической карты и карты эффективности геохимических поисков мы считаем обязательным выяснение генезиса рельефа и его возраста как факторов, определявших историю развития геохимического ландшафта. Геоморфологическая карта Орь-Кумакского водораздела, в основу которой заложены эти принципы, позволила выявить площади различной эффективности геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния и составить соответствующую карту (рис. 21).

Изучение миграции элементов в зонах выявленных аномалий, проведенное М. М. Ермолаевым и И. Я. Крым, показало, что аномалии имеют, вероятно, разную перспективность. В этом отношении заслуживает внимания полоса интенсивных и сложных аномалий по меди, никелю, кобальту и цинку в центральной части Орь-Кумакского водораздела, приуроченная к плену, фиксированному древней остаточной корой выветривания, развитой по основным эфузивам девона. Высокое содержание микроэлементов в данном месте, как полагают М. М. Ермолаев и И. Я. Крым, не связано с современным процессом почвообразования, а обусловлено развитием остаточных обедненных ореолов рассеяния. Целый ряд перспективных аномалий отмечается и в области развития озерно-делювиальной равнины и долинообразных понижений, сложенных материалом местного приноса.

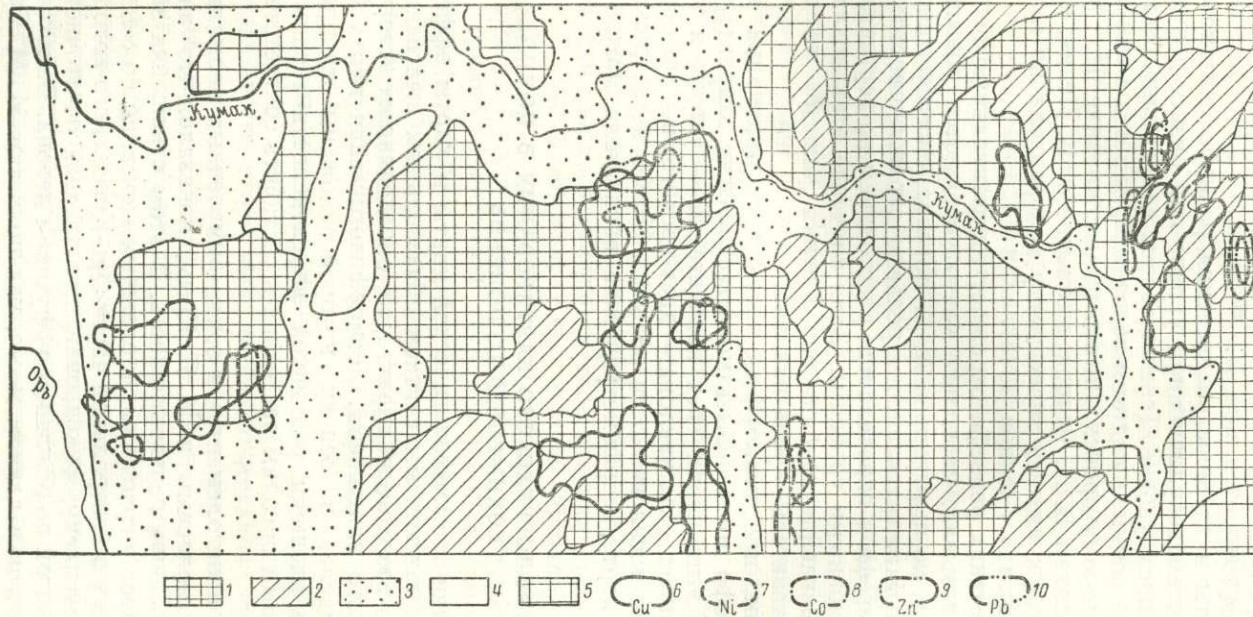


Рис. 21. Схема распределения площадей различной эффективности геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния.

1 — наиболее эффективные; 2 — эффективные; 3 — малозэффективные; 4 — неэффективные; 5 — площади, доступные для поисков по первичным ореолам рассеяния, 6—10 — аномалии по вторичным ореолам рассеяния, выявленные металлометрическим методом (контуры аномалий проведены по уточненному значению фона).

Таким образом, площади, занятые на Орь-Кумакском водоразделе пленом с остаточной корой выветривания, а также озерно-дельювиальной равниной и долинообразными понижениями, являются не только эффективными для проведения геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния, но и перспективными в отношении возможного обнаружения месторождений полезных ископаемых. Такой вывод имеет принципиальное значение для практики: необходимо постоянно рекомендовать перед постановкой металлометрической съемки в новом районе проводить геоморфологическое картирование указанного типа, что в конечном итоге даст несомненный экономический эффект.

РОЛЬ ИЗУЧЕНИЯ НОВЕЙШИХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ

При изучении новейших тектонических движений может быть получен целый ряд косвенных признаков, помогающих как в решении вопроса о возможной локализации слепых колчеданных рудных тел, так и в интерпретации геохимических аномалий.

Для восточного склона Южного Урала эмпирически установлена приуроченность большинства колчеданных месторождений к брахиантеклинальным структурным формам (Бородаевская и др.) и почти всеми исследователями отрицается значение дизъюнктивных нарушений в качестве структурного контроля оруденения (Н. Н. Иванов, И. В. Ленных и др.). Это положение играет очень важную роль, так как основные структурные элементы Орь-Кумакского водораздела в новейший тектонический этап развивались унаследованно. Поэтому выявление локальных новейших структурных форм представляет несомненный интерес.

В этом отношении следует отметить зону Ащебутакского новейшего поднятия, которое весьма четко вырисовывается как по геоморфологическим данным, так и по результатам применения морфометрического метода В. П. Философова. Тенденция к поднятию сохраняется и в современную эпоху. В палеозойской структуре Ащебутакскому поднятию также соответствует антиклинальная зона, имеющая несколько большие размеры. По данным Ащебутакской геологопоисковой партии, в этой зоне отмечен целый ряд признаков рудопроявления, и бурением были вскрыты небольшие тела медно-колчеданных руд. Следовательно, имеются данные, заставляющие обратить на район Ащебутакского поднятия особое внимание.

Из новейших локальных поднятий необходимо изучить в первую очередь структурные формы, располагающиеся в области развития эфузивно-осадочных образований.

Различная направленность новейших тектонических движений определяет также характер гипергенных процессов и миграцию элементов. Можно отметить в этой связи два основных случая.

1. Зоны слабо дифференцированных новейших поднятий характеризуются хорошей сохранностью древней коры выветривания, для которой иногда отмечается наложенное обожривание (например, территория к востоку от пос. Кумак). Почвообразование в таких местах не оказывает существенного влияния на перераспределение микроэлементов в коре выветривания, содержание которых в общем отвечает составу материнских пород.

Несколько иная картина наблюдается в участках более дифференцированных новейших поднятий, где эрозионные процессы протекают интенсивнее, благодаря чему кора выветривания в значительной степени смыта (Иссиргужинское поднятие), а в случае сохранности характери-

зуется развитием зоны дезинтеграции или гидрослюдистым профилем (Джарлы-Кумакское поднятие).

Следует отметить, что присутствие в зонах молодых поднятий аномально высоких содержаний микроэлементов не всегда является надежным поисковым признаком. Как показал В. А. Гуцаки (1963), для Орского Зауралья вообще и для исследованной территории в частности это может быть объяснено привносом микроэлементов грунтовыми водами, проникающими по разломам или по трещинам.

2. Зоны новейших прогибов характеризуются резким геохимическим экранированием процессов рассеяния, что лучше всего выражено в Орской и Акжарской депрессиях. Благодаря тому, что депрессии выполнены дальнеприносным материалом, содержание микроэлементов в отложениях депрессий не связано с материнскими породами палеозойского основания. Постановка геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния в таких местах не рекомендуется.

ГЛАВА XII

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ КАРТА КАК СУММАРНОЕ ВЫРАЖЕНИЕ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ КАРТА, ЕЕ СОДЕРЖАНИЕ И ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ

Ландшафтно-геохимическая карта, фрагменты которой приведены в работе, построена на основании изучения всего комплекса природных факторов, влияющих на распределение и миграцию микроэлементов. Она отражает физико-географические особенности района и содержит рекомендации для наиболее рационального проведения поисковых металлометрических работ. Фактический материал, который лег в основу карты, собран главным образом во время металлометрической съемки. Последняя существенно дополнялась ландшафтными описаниями по профилям, работами на ключевых участках, данными химических и спектральных анализов и геофизическими материалами.

В основе построения ландшафтно-геохимической карты лежат следующие положения.

Миграция веществ в условиях земной поверхности зависит как от общих закономерностей, обусловленных географической зональностью, так и от частных, региональных условий — местных проявлений зональности в конкретной географической обстановке. Сочетанию таких условий на местности отвечают природные территориальные комплексы. Они обособлены в процессе развития географической оболочки, генетически однородны, характеризуются определенным сочетанием взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов (геологического строения, рельефа, поверхностных и подземных вод, микроклимата, почвенных разностей и растительности) и обладают индивидуальной структурой.

Каждому конкретному участку — природному территориальному комплексу отвечает определенный ход миграции и концентрации микроэлементов. Их своеобразие зависит в первую очередь от специфики геологического строения, генезиса и морфологии рельефа, мощности и происхождения рыхлых отложений, характера грунтового увлажнения и почвенно-растительного покрова данного участка. С другой стороны, стечетливо намечаются и черты сходства, общие (типологические) признаки, повторяющиеся в различных комплексах всех рангов. Это позволяет произвести их классификацию, сведя огромное многообразие конкретных участков к некоторому числу видов, относящихся к определенным типам и подтипам комплексов, характеризующихся однородными условиями миграции и концентрации химических элементов.

По условиям миграции химических элементов выделяются следующие типы геохимических комплексов.

Субаквальные — комплексы современных водных акваторий, формирование которых происходит в условиях постоянного избыточного увлажнения.

Гидроморфные — комплексы местных понижений с близким уровнем залегания грунтовых вод. Они характеризуются преимущественным привносом микроэлементов.

Супераквальные — комплексы с более глубоким уровнем грунтовых вод. Здесь происходит транзит веществ, их сортировка по степени подвижности, но вынос преобладает над аккумуляцией.

Супераквально-элювиальные (трансэлювиальные) — комплексы переходного типа, где осуществляется как привнос, так и вынос микроэлементов.

Элювиальные — комплексы, формирующиеся на повышенных элементах рельефа с глубоким залеганием грунтовых вод. Водоносные горизонты залегают здесь настолько глубоко, что ничтожные восходящие токи влаги почти не влияют на перемещение химических элементов к поверхности. Здесь резко преобладает вынос материала посредством поверхностного и подземного стока.

Природные комплексы сухостепной подзоны Зауралья, как отмечалось выше, формировались и формируются в специфичных условиях длительных активных процессов континентальной денудации, которые привели к образованию здесь на большей части территории разнообразных положительных элементов рельефа: обширных денудационных пепеленов, в разной степени расчлененных, с мелкими солками, увалами и останцами, сложенными различными по возрасту и литологическому составу породами.

Таким образом, комплексы элювиального типа здесь очень сложны и многообразны. По возрасту и происхождению их можно подразделить на следующие подтипы геохимических комплексов.

Неэлювиальные — комплексы, формирующиеся на молодых рыхлых отложениях.

Параэлювиальные — комплексы, формирующиеся на мезозойско-третичных отложениях.

Ортоэлювиальные — комплексы, формирующиеся на маломощном элювио-делювии осадочных, изверженных и метаморфических пород палеозоя и докембрия.

На ландшафтно-геохимических карто-схемах (рис. 22, а, б) показаны конкретные природные территориальные комплексы — местные геохимические ландшафты (Полынов, 1956; Глазовская и др., 1961) и их морфологические части. В зависимости от физико-географической обстановки местные геохимические ландшафты могут развиваться в различных условиях: субаквальных, гидроморфных, супераквальных, элювиальных, т. е. относиться кенным типам комплексов. Выделение местных геохимических ландшафтов зависит от характера расчленения рельефа и мощности наносов. Наряду с геоморфологическим фактором в обособлении местных геохимических ландшафтов большую роль также играют происхождение вод и степень их минерализации. Для каждого местного геохимического ландшафта характерна специфика ореолов и потоков рассеяния.

В пределах местных геохимических ландшафтов простейшие его структурные единицы — элементарные ландшафты (Полынов, 1956) образуют закономерный геохимический ряд и группируются в зависимости от особенностей мезо- и микрорельефа, субстрата, условий увлажнения и дренажа, формируя определенные сочетания — морфологические единицы местного геохимического ландшафта, — характеризующиеся специфичными гидротермическими и геохимическими условиями.

В районе исследования, где наблюдается отчетливое преобладание денудационных условий над аккумулятивными, процессы эрозии и плоскостного смыва, неравномерное распределение делювиальных осадков создают очень сложный мезо- и микрорельеф, в зависимости от специфики которого происходит перераспределение влаги и солей.

Весьма чуткими индикаторами, наиболее полно отражающими условия местообитания, являются почвы и растительность. Их распределение зависит и от геологического строения, и от характера грунтов, и от глубины и химизма подземных вод. Характер современного почвенно-растительного покрова, к тому же, определяет возможную глубину и характер биологического поглощения микроэлементов (Глазовская и др., 1961). Поэтому если при выделении местных геохимических ландшафтов в сложном взаимодействии географических их компонентов важнейшую роль играет геоморфологический фактор, то при дифференциации местных ландшафтов эту ведущую роль в обособлении более дробных морфологических единиц играют биогенные компоненты. Каждый местный геохимический ландшафт и его морфологические единицы сбладают своими индивидуальными особенностями, но наряду с этим им присущи и общие черты, позволяющие объединить их в определенные виды.

Все многообразие видов морфологических частей местных геохимических ландшафтов, своеобразие района исследования, отразить невозможно, поэтому на ландшафтно-геохимических карто-схемах показано пространственное распределение доминантных видов, т. е. таких геохимических комплексов, которые характеризуются наиболее широким распространением и наиболее типично отражают особенности данной территории.¹

На ландшафтно-геохимических карто-схемах и в легенде к ним выделен вид местных геохимических ландшафтов современных водных акваторий (руслел рек, озер, значительных по своим размерам искусственных водоемов). Это субаквальные типы комплексов. Сюда попадают, разумеется, лишь самые подвижные продукты выветривания, которые адсорбируются донными отложениями и частично поглощаются гидрофитной водной растительностью, развитой на постоянно избыточно увлажненных донных осадках.

На исследуемой территории обособляются также три вида местных геохимических ландшафтов, относящихся по условиям миграции химических элементов к группе гидроморфных типов комплексов. Это прежде всего: гидроморфные местные геохимические ландшафты долин рек, ручьев и временных водотоков с активным водообменом, переменным водным режимом, пресными и минерализованными водами и гидро-

¹ Авторы не ставили своей задачей производить унификацию и сопоставление ландшафтных и ландшафтно-геохимических единиц. Вопрос этот очень сложен и недостаточно изучен. Для освещения его необходимы многочисленные площадные собственно-ландшафтные и ландшафтно-геохимические съемки, проведенные на одних и тех же территориях в одинаковом, достаточно крупном масштабе. Имеющийся материал позволяет лишь предположить, что в таксономическом отношении элементарный геохимический ландшафт ближе всего соответствует фации, местный геохимический ландшафт — местности (комплексу уроцищ). Одновременно существуют морфологические единицы, выделенные в пределах местных геохимических ландшафтов и объединенные в одно целое процессами стока и миграции химических элементов. При сопоставлении с собственно-ландшафтными единицами они попадают в ранг уроцищ (монофациальных, простых или сложных).

Более крупными в ландшафтно-геохимическом отношении являются, вероятно, комплексы местных геохимических ландшафтов, равнозначные, по-видимому, району (ландшафту). Однако сопоставление это весьма приближенное, и этот, требующий серьезного, тщательного рассмотрения вопрос — задача будущих исследований.

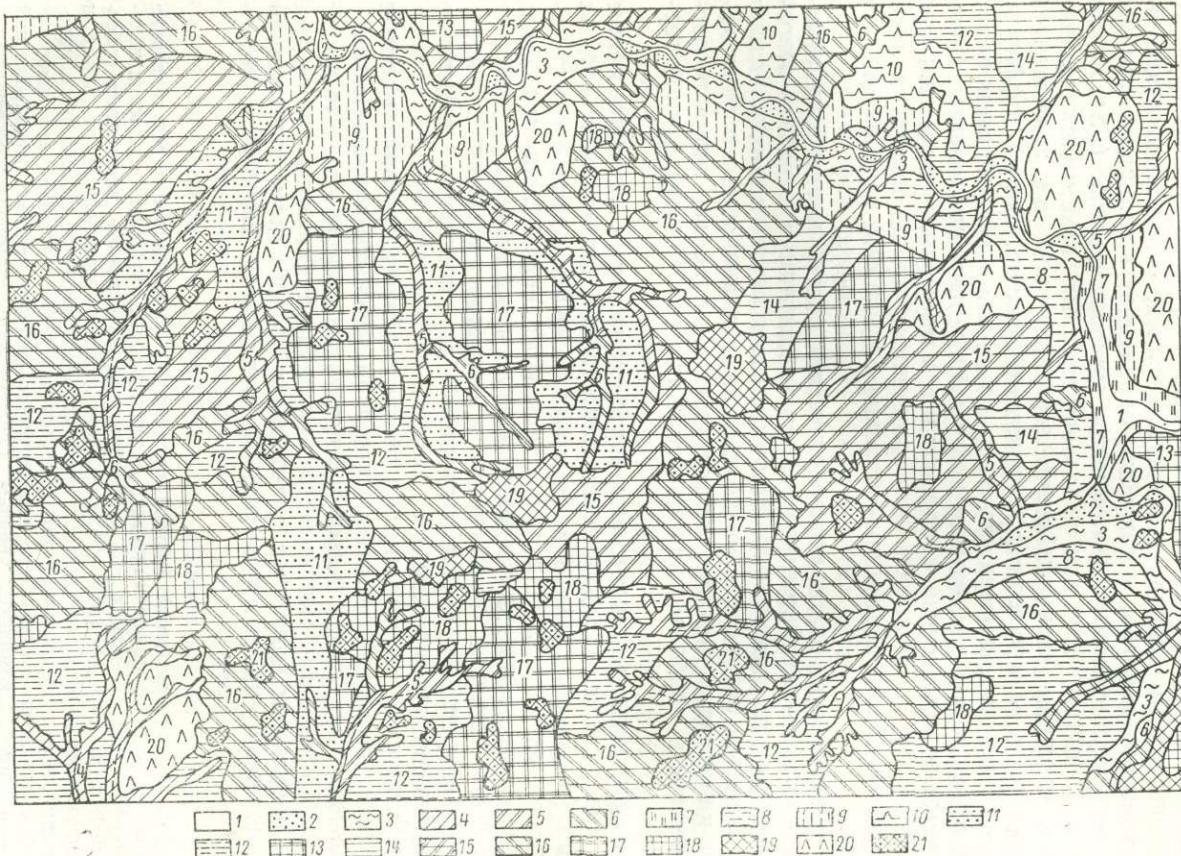


Рис. 22а. Фрагмент ландшафтно-геохимической карто-схемы.
Легенда — см. Приложение 2.

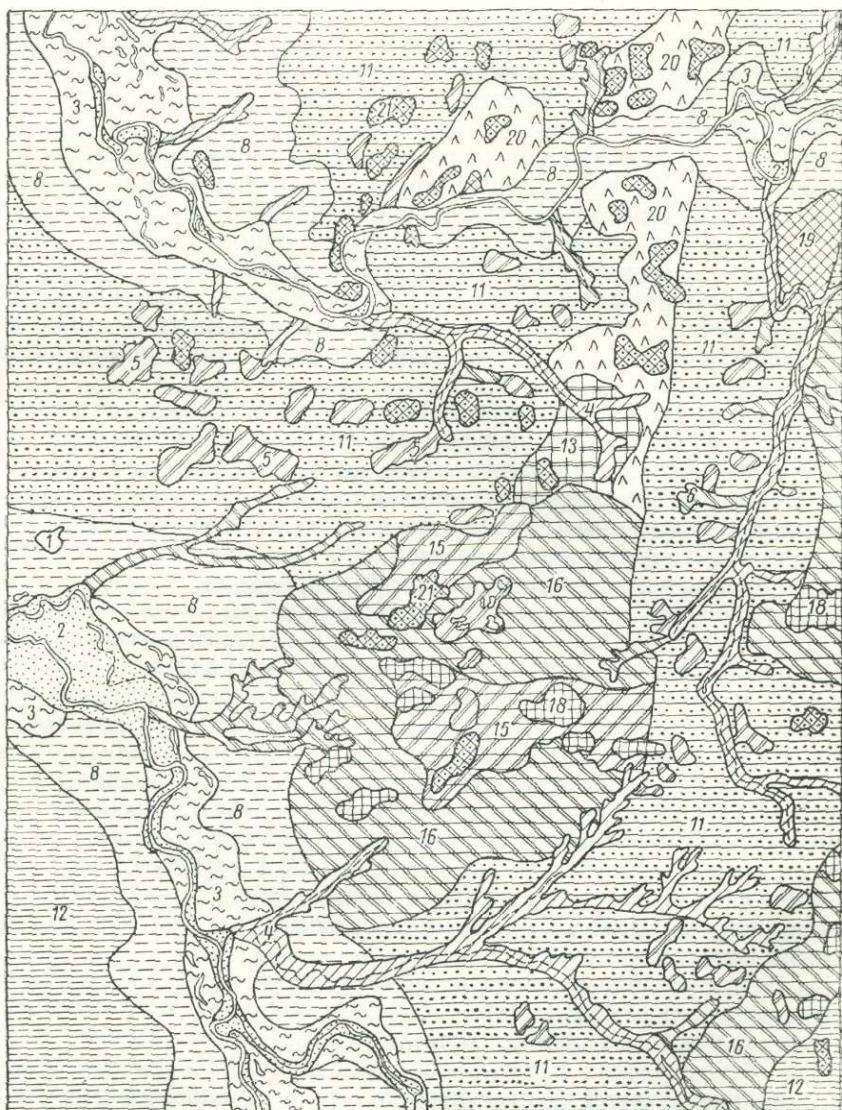


Рис. 22б. Фрагмент ландшафтно-геохимической карто-схемы.
Легенда — см. Приложение 2.

морфные местные геохимические ландшафты замкнутых и полузамкнутых депрессий, с высоко стоящими грунтовыми водами, замедленным водообменом и преимущественно восстановительными условиями среды. Относительная близость грунтовых вод обеспечивает питание за счет капиллярной каймы последних. В виде извилистых лент вдоль рек, ручьев, по балкам и пятнами в местных понижениях они распространены почти по всей территории района. Формируются эти виды местных геохимических ландшафтов и в небольших депрессиях с близким залеганием грунтовых вод, где от уровня стояния последних развиты то влажные луга, то степи с зарослями кустарников и пятнами болот. Особенno много подобных депрессий на западе, в пределах озерно-аллювиальных равнин.

В условиях напряженного водного баланса сухой степи эти два вида местных геохимических ландшафтов гидроморфного типа характеризуются сложной комплексностью своей структуры, обусловленной пестротой покровных отложений и изменениями водного режима. Почвенно-растительные условия здесь обусловлены местоположением, степенью минерализации и уровенным режимом грунтовых вод. Факторы эти очень динамичны, и поэтому морфологические комплексы, обособляющиеся в пределах этих местных геохимических ландшафтов, часто и быстро сменяют друг друга.

Свообразие третьего вчда местных гидроморфных геохимических ландшафтов затопляемых прибрежных участков искусственных водоемов с весьма близким залеганием грунтовых вод заключается в их молодости. Здесь развита гидро-мезофитная луговая растительность, характерная для заболоченных почв и сочетающаяся с однолетнесолянковыми сообществами гидроморфных солончаков. Геохимические особенности этих ландшафтов находятся в стадии формирования.

Виды местных геохимических ландшафтов высоких надпойменных террас крупных рек (Ори и Кумака), а также мелкосопочников склоноз долин формировались в супераквальных и супераквально-элювиальных, как бы переходных, условиях. Высокие (II и III) надпойменные террасы крупных рек сложены и супесчаным, и суглинистым аллювием, что в значительной степени (так как грунтовые воды довольно глубоки) и определяет дифференциацию почвенно-растительного покрова и соответственно структуру и характер их морфологических комплексов. Эта структура наиболее сложна на участках с суглинистым аллювием, где наряду с зональными почвенно-растительными группировками можно встретить фрагменты мезофитных и псаммофитных вариантов степей, а также галопетролитогенных комплексов омброфитной растительности на автоморфных солонцах.

Не менее мозаичен почвенно-растительный покров (петрофитно-галофитные степные и пустынно-степные группировки) в пределах мелкосопочников склонов долин, которые относятся к одному из видов местных геохимических ландшафтов трансэлювиального (супераквально-элювиального) типа. Комплексность эта усугубляется чередованием останцов и участков делювиального сноса с преимущественным выносом микрокомпонентов.

Для всех видов местных ландшафтов супераквального и супераквально-элювиального типа характерны первичные и остаточные ореолы, козмоскны потоки рассеяния.

Виды местных геохимических ландшафтов, относящиеся по условиям миграции к элювиальному типу, это ландшафты эрозионно-литогенные. Они формируются на повышенных элементах рельефа и в районе исследования соответственно занимают обширные пространства водоразделов и верхних частей их склонов. При глубоком залегании уровня

грунтовых вод последние почти не оказывают влияния на почвы и очень малое — на растительность. Основной источник привноса веществ — осадки, атмосферная пыль. Их аккумуляция и вынос зависят прежде всего от геологического строения и рельефа (степени его расчленения); миграция веществ происходит обычно в условиях окислительной среды.

В зависимости от возраста пород, на которых формируются местные геохимические ландшафты элювиального типа, они относятся к неоэлювиальным, паразлювиальным и ортоэлювиальным. В пределах молодых неоген-нижнечетвертичных аккумулятивных озерно-аллювиальных и озерно-делювиальных равнин развиты специфичные виды местных геохимических ландшафтов неоэлювиального подтипа, занимающие обширные пространства, главным образом на западе и севере района, и характеризующиеся широким развитием зональных степных ассоциаций с их мезофитными вариантами и наличием галогидрогенных типов комплексов фреатофитной, трихогидрофитной и отчасти омброфитной растительности на гидроморфных и автоморфных солонцах. Неоэлювиальные комплексы характеризуются первичными, остаточными и солевыми аккумулятивными ореолами и потоками рассеяния.

Наиболее широко развиты в пределах района виды местных геохимических ландшафтов, объединенных в группу паразлювиальных подтипов. Они охватывают обширные пространства пленов, где под покровом рыхлых отложений скрыт сильно расчлененный палеозойский фундамент. Чаще всего они встречаются на востоке района и в центральной его части, где приурочены к денудационному типу рельефа. К этому генетическому типу рельефа приурочена основная масса плодородной коры выветривания в Орском Зауралье, наибольшие мощности которой связаны с водораздельными склонами денудационной равнины. В некоторых местах кора выветривания перемыта, и здесь обособляются местные геохимические ландшафты, для которых характерны галофитные варианты степей. Значительно большие участки занимают плены, местами фиксированные остаточной корой выветривания. В зависимости от степени расчленения в их пределах встречаются различные виды местных геохимических ландшафтов. В пределах паразлювиальных ландшафтов полого-волнистых пленов встречаются зональные типчаково-ковылковые степи, приуроченные к темно-каштановым суглинистым почвам. Кроме того, здесь широко представлены галофитные и петрофитные (на откопанных пленах) варианты степной растительности, развитые на солонцеватых разностях темно-каштановых суглинистых почв. В пределах слабо расчлененного пленена виды местных ландшафтов характеризуются не только широким развитием галофитных вариантов степной растительности (эродированные почвы), но и наличием галопетролитогенных комплексов ассоциаций с участием пустынно-степных и пустынных галофитных полукустарничков на автоморфных солонцах. Там, где расчленение еще более сильное и встречаются местами выходы коренных пород с корой выветривания *in situ*, обособляются виды местных геохимических ландшафтов, относящиеся к переходному орто-паразлювиальному подтипу. Здесь наряду с морфологическими комплексами, для которых характерны галофитные варианты степей на эродированных солонцеватых темно-каштановых почвах, встречаются комплексы ассоциаций, приуроченные к местам выходов коры выветривания с обилием ожелезненных конкреций, где развиты пустынно-степные группировки.

Для всей обширной группы паразлювиальных комплексов, включая и орто-паразлювиальные подтипы комплексов, характерны механические, остаточные и солевые ореолы рассеяния.

К группе ортоэлювиальных подтипов относятся виды местных геохимических ландшафтов сильно расчлененных денудационных пенеплолов со смытой корой выветривания, для которых наиболее характерны петрофитные варианты степной растительности. Виды местных геохимических ландшафтов ортоэлювиального подтипа, присущих денудационно-тектоническому мелкосопочнику, характеризуются останцово-сопочным и грядовым рельефом, развитым на элювии изверженных пород. Здесь также встречаются петрофитные варианты степей, петрофитные серийные сообщества на защебненных темно-каштановых и фрагментарных почвах, а также галопетролитогенные комплексы на примитивных солончаковатых почвах.

И, наконец, виды местных геохимических ландшафтов ортоэлювиального подтипа, характерные для останцов и монодноков, сложенных наиболее устойчивыми против выветривания породами, можно встретить в самых разнообразных участках водоразделов и долин. Для них характерны продолжающиеся активные процессы денудации, маломощные фрагментарные почвы и петрофитная растительность, группировки которой очень пестры и меняются в зависимости от литологии коренных пород.

Все виды местных геохимических ландшафтов ортоэлювиального подтипа характеризуются также первичными и остаточными ореолами рассеяния.

Виды местных геохимических ландшафтов одновременно являются однородными и по характерному типу миграции, и по методике опробования, рациональные способы которого рекомендованы для каждого морфологического комплекса. Таким образом, основное содержание ландшафтно-геохимической карты — это показ своеобразных видов географических комплексов и их морфологических единиц, дополненных геохимическими характеристиками, дающими возможность установить вторичные ореолы рассеяния химических элементов и раскрыть закономерности их формирования. Последнее в конечном итоге зависит от особенностей природных условий, ибо различные географические комплексы создают как различные условия миграции химических элементов, так и специфические по своей физической природе геохимические пороги вторичных концентраций у тех или иных элементов.

ФОРМИРОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ОРЕОЛОВ АНОМАЛИЙ И ИХ ОЦЕНКА

Практическое использование ландшафтно-геохимической карты возможно в двух направлениях: во-первых, как карты прогнозов для крупномасштабных поисков и, во-вторых, как карты, дающей возможность оценить степень надежности выявленных аномалий.

Для более полного понимания этой стороны ландшафтно-геохимических работ следует несколько дополнить и расширить те мысли, которые были высказаны Б. Б. Полыновым относительно геохимических ландшафтов. В классической схеме подразделения геохимических ландшафтов выделены три их основные типы: элювиальный, супераквальный и субаквальный. Последующий прогресс этой классификации выразился в некоторых изменениях терминологии, направленных на то, чтобы подчеркнуть взаимозависимость различных типов ландшафтов, а также их генетические особенности. А. И. Перельман (1962) ввел термины «автономные ландшафты» (эквивалент элювиальных) и «подчиненные ландшафты», относя к последним субаквальные и супераквальные ландшафты классификации Б. Б. Полынова. М. А. Глазовская предложила разделить элювиальные ландшафты на подтипы в зависимости от состава

субстрата, а именно: на ортоэлювиальные, паразлювиальные и неоэлювиальные. В то же время группа субаквальных ландшафтов Б. Б. Полынова получила название «гидрогенных», что более соответствует характерным условиям их формирования.

Все эти изменения исходной классификации, значительно уточняя ее, учитывают, однако, только водную форму миграции элементов. Хотя подразделения, введенные А. И. Перельманом, и ставят два типа геохимических ландшафтов Б. Б. Полынова в генетическую зависимость от третьего, т. е. от автономного ландшафта, но они фактически их оставляют обособленными, поскольку не уточняется геохимический характер разделяющих их границ. Нам приходится останавливаться на этом потому, что только полная ясность в этом вопросе позволяет практически использовать результаты ландшафтно-геохимического картирования для повышения эффективности геохимических поисковых работ.

В условиях сухих степей полого-волнистой пленепленизированной равнины Орь-Кумакского водораздела большую роль играют геохимические ландшафты, связанные с процессами воздушной миграции. Сюда относятся прежде всего площади развеянных почв орто-паразлювиальных ландшафтных комплексов, в особенности участки развития эродированных солонцов на коре выветривания с ожелезненными конкрециями. Картировать присутствие таких образований важно с двух точек зрения: во-первых, это совсем особая область миграции, в которой водная миграция имеет очень специфическое и далеко не ведущее значение; во-вторых, можно было бы предполагать, что их наличие необходимо принимать во внимание при оценке геохимических аномалий.

В самом деле, металлометрическое опробование заключается в отборе проб из поверхностных горизонтов почвенного комплекса, особенно при его значительном вертикальном развитии. Если же металлометрические профили переходят из области обычного геохимического ландшафта в область эоловой денудации, то происходит как бы переход на опробование более глубоких горизонтов. Поэтому при составлении карт аномалий для территории развития разнородных геохимических ландшафтов необходимо проверять, не содержит ли глубокие горизонты слоев с повышенной концентрацией элементов-индикаторов. Для нашего случая такое исследование показало отсутствие указанных местных концентраций. Если не учитывать этого обстоятельства, то площади эоловой денудации могут быть ошибочно интерпретированы как геохимические аномалии.

Не менее важен вопрос о сопряжении отдельных типов ландшафтов, т. е. о взаимодействии формирующих их процессов, что выражается в характере границ между ними.

Нам представляется рациональным уточнить, несколько расширить систематику геохимических ландшафтов, чему, однако, следует посвятить специальную работу. Здесь же, применительно к нашей конкретной теме, отметим только, что в природе отсутствуют как резкие границы между элювиальными и супераквальными ландшафтами, так и между супераквальными и гидроморфными.

Нечеткость первой границы особенно характерна для областей хорошего и избыточного увлажнения. Здесь вертикальная миграция вод положительна (т. е. совпадает с направлением силы тяжести) и охватывает как территорию автономного ландшафта, так по крайней мере и часть супераквального. Поэтому на их границе лежат переходные типы, в которых протекают два рода миграции и, следовательно, формируются два морфогенетических горизонта коры — верхний, близкий к осадочной коре соответствующего элювиального ландшафта, и нижний, близкий к коре выветривания супераквального.

В зоне умеренного или слабого увлажнения в супераквальной части возможны сезонные изменения знака вертикальной миграции, т. е. гравитационное перемещение будет сменяться капиллярным. В засушливые периоды поэтому здесь возможно накопление некоторых достаточно энергичных мигрантов на испарительном барьере (см. ниже).

Нечеткость второй границы, ее размытость определяется наличием ряда геохимических барьеров на переходе от одного типа ландшафтов к другому. Здесь основными барьерами являются барьеры, связанные с изменением величин рН и величин знака Eh. Обе эти величины постепенно меняются в направлении движения мигранта от элювиального ландшафта к гидроморфному. Поскольку выпадение из водных растворов тех или иных элементов (или их простых или комплексных солей) зависит от значения рН и Eh, то на этом пути миграции происходит раздельное осаждение элементов, мигрирующих в подвижной фазе.

Внешне все сочетания геохимических процессов различаются довольно четко. В условиях территорий, обладающих континентальным климатом, переходная зона от элювиальных к супераквальным ландшафтам оказывается сильно суженной. При этом в типичных элювиальных ландшафтах развиваются различные остаточные коры выветривания с вынесенными из них энергичными и хорошо подвижными мигрантами. Здесь формируются вторичные ореолы рассеяния (и аномалии) с преобладанием кластической компоненты. Они многоэлементны и отображают состав подстилающих пород. Если они формируются в области ветровой денудации, то уровни аномалии могут быть несколько повышенны, а солевый ореол по составу элементов может быть отличен от кластического.

Очень существенно, что в этом случае мы можем иметь два подвида солевых ореолов: подвид «а» — соосажденный, в котором будут сосредоточены многие элементы, захватываемые окислами железа, марганца и алюминия в процессе их коагуляции. В частности, здесь часто встречаются церий и другие редкие земли, радий, торий и уран с продуктами их распада. Этот ореол является ложным, не характеризующим химизм подстилающих пород. У нас он проявлялся в форме железистых и марганцево-железисто-глиноземных конкреций. В ореоле подвида «б» концентрируются хорошие и энергичные мигранты — хлор, сера, натрий и др., выпесенные в иллювиальный горизонт, вскрытый дефляцией в процессе формирования почв, развеянных в настоящее время. В ландшафтах этих типов наиболее перспективны многоэлементные аномалии по кластической составляющей, при том условии, что уровни их считаются от фона, вычисленного по содержаниям элементов-индикаторов в иллювиальном горизонте данного нормального почвенного комплекса.

В наших условиях аномалии этого типа содержат в кластической части не менее 85—90% элементов-индикаторов, считая от их общего («валового») содержания в пробе, и только 15—10% приходится на долю сорбированного ореола.

На переходе к супераквальным ландшафтам (супераквально-элювиальные типы ландшафтов) процессы усложняются. В верхних горизонтах здесь присутствуют ореолы рассеяния двух различных происхождений — кластический, источником которого является остаточная кора, и солевой, вторично наложенный, связанный с накоплением щелочных металлов и сопутствующих им элементов на участках капиллярного поднятия грунтовых вод супераквального переноса. При наличии ветровой денудации (дефляции) здесь могут развиваться солонцовье почвы, которые, таким образом, располагаются на переходах к водоразделу и даже на самих водоразделах с искусственно усиленным ореолом рас-

сенияния характерных элементов. В ландшафтах этого типа следует учитывать, что солевой ореол может составлять свыше 20—30% от общего содержания данного элемента в пробе.

Геохимические процессы формирования ореолов в супераквальных ландшафтах особенно сложны. Здесь по их происхождению следует различать не менее трех подвидов ореолов: нормальный, смешанный и выщелоченный. Нормальный ореол супераквальных ландшафтов формируется в средней части склонов, а при отсутствии разевания почв — в области переходов к элювиальным ландшафтам. Солевой ореол может играть здесь, видимо, не меньшую роль, чем кластический, и связан с биологическим накоплением элементов, вынесенных из автономных ландшафтов. На нашей территории таких случаев не наблюдалось. В строении смешанного ореола наряду с этим играет заметную роль золовый материал, принесенный с плакора, и здесь может появиться пылевой ореол, со значительной примесью кластического материала.

В обоих случаях аномалии, выявленные в супераквальных ландшафтах, отображают состав элементов, выносимых из автономного ландшафта, как в результате водной, так и воздушной миграции.

Совсем иная геохимия характеризует выщелоченные ореолы гидроморфных ландшафтов. Они формируются в периодически увлажненных водотоках, в грунтах которых осуществляется вертикальная сезонная миграция (обоих знаков) почвенных вод, то поднимающихся в весенний период к поверхности, то уходящих вглубь в летнее время. Если при этом мы имеем каштановые почвы, богатые кальцием, а глубинные грунтовые воды имеют сульфат-натриевый состав, то весной в почвах происходит ионообменная реакция с замещением в поглощенном комплексе иона кальция ионом натрия и одновременно фиксацией кальция и серы в форме гипса.

В последующее время почвы промываются карбонатно-кальциевыми водами. При этом снова кальций входит в поглощенный комплекс, а натрий выносится из почв в форме содового раствора с pH 9—10. В этой обстановке возможно образование комплексных солей и выноса из ореола ряда элементов-индикаторов. Возможно, что именно этим объясняется распад единой аномалии, закартированной нами на три самостоятельных, отделенных друг от друга периодически действующих водотока. В этом же случае окислы железа могут выпадать в форме магнетита.

На переходе супераквальных ландшафтов к гидроморфным обычно лежит ряд одноэлементных и двухэлементных аномалий, иногда группирующихся в линейно-вытянутые полосы. Это и является следствием геохимического разделения на определенных барьерах совместно мигрирующих элементов. На нашей территории имеется прекрасный пример такого рода: это одноэлементные никелевые аномалии невысокого уровня, но широкого распространения, начинающиеся около Азnobая и заканчивающиеся никель-медными и медными аномалиями вблизи Можаровки. Все они лежат в древней долине р. Орь, и источником их являются диабазовые и диоритовые массивы, расположенные в устье р. Ащебутак. В условиях гидроморфных ландшафтов особенно широко может проявляться формирование ложных ореолов, связанных с накоплением некоторых элементов (особенно цинка и меди) в составе металлоорганических соединений в почвах. По-видимому, этим объясняется появление ряда довольно крупных, но одноэлементных аномалий по цинку и меди в гидроморфных ландшафтах на визейских известняках.

На исследованной территории кроме ландшафтов перечисленных типов наблюдаются молодые, т. е. нестационарные, ландшафты, в кото-

рых происходит преобразование ореолов под влиянием развития новых физико-географических процессов. Это — русла рек, молодые озера и крупные искусственные водоемы. Миграция, соответствующая этим условиям, нами изучалась.

Из всего сказанного следует, что выделение аномалий должно производиться на основе карт фонов, объективно учитывающих распределение вторичного рассеяния. Оценка аномалий, т. е. выбор наиболее надежных, отвечающих повышенным концентрациям элементов в коренных породах, определение очередности их проверки и особенно отнесение их к категории не заслуживающих проверки геофизическими, гидрохимическими или другими методами, — может быть выполнена на основе анализа ландшафтно-геохимической карты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог, необходимо отметить главные результаты работ, изложенных в настоящей монографии.

При исследовании геологических особенностей района, основное внимание было сосредоточено на тех геологических вопросах, которые оставались наименее освещенными в работах многочисленных геологов, ранее посещавших эти районы Урала и Зауралья. Такими вопросами являлись: во-первых, соотношение между различными эффузивными свитами, с частью которых связаны колчеданные месторождения; во-вторых, вопрос о возрасте метаморфической толщи. Детальное петрографическое исследование эффузивов, а также условий их залегания и геохимических особенностей позволило дать признаки для их объективного расчленения.

Определения абсолютного возраста метаморфического комплекса по аргон-калиевому и рубидий-стронциевому методам и тщательное прослеживание его изменений в разрезе установили его верхнепалеозойский посленижнекаменноугольный возраст.

Решение этих важных вопросов позволило обоснованно пересмотреть тектоническую схему строения района, чему немало помогли и комплексные геофизические данные, полученные экспедицией № 9 ЗГТ.

комплексные геофизические данные, полученные экспедицией № 3 ГГИ. В области геоморфологии наиболее интересные результаты были получены в итоге совместного изучения эволюции рельефа и покрова рыхлых отложений, что позволило дать методику выделения площадей различной эффективности применения геохимических поисков.

Несмотря на то, что район является давно освоенным и обжитым, до последнего времени его геохимические особенности не были ни описаны, ни сопоставлены с особенностями соседних территорий. В соответствующей главе монографии приведена первая сводка по этому важному разделу, что помогло в дальнейшем объяснить многие почвенные и геохимические особенности, характерные для этой территории.

Много нового получено в результате полевых почвенных исследований и их обобщения. В частности, оказалось возможным рассматривать исследованную территорию как часть оригинальной почвенной провинции с необычным распределением солонцовых почв на плакорных пространствах.

Изучение растительного покрова и растительности Орь-Кумакского водораздела дало возможность составить первую для этой территории геоботаническую карту (фрагменты которой приведены в тексте) и наметить ряд интересных фактов зависимости состава растительности от характера коренных пород. Особенно интересна смена рядов при переходе от гранитных массивов к площадям распространения кор выветривания и эффиузивов.

Удалось выделить также ряд растений — индикаторов и концентраторов, допускающих их использование при геохимических поисках.

Геохимические особенности главных типов пород и их влияние на геохимию перекрывающих наносов дают возможность применить металлометрию в сочетании с комплексными ландшафтными исследованиями в двух направлениях: во-первых, для уточнения геологических границ при геологическом картировании и, во-вторых, для выделения на территории сухостепной зоны геохимических аномалий с их предварительной разбивкой по степени перспективности (см. рис. 21).

В дополнение к этому была сделана попытка оценки устойчивости геохимического поля, показавшая, что геохимические аномалии в условиях орто- и паразлювиального геохимических ландшафтов являются стационарными.

В разделе геохимических работ большой прикладной интерес представляет глава, посвященная установлению фоновых содержаний элементов-индикаторов в горизонте опробования, а также глава, в которой рассматривается распределение элементов-индикаторов по почвенному профилю.

Синтезом всех работ является ландшафтно-геохимическая карта (ее фрагменты и полная легенда приведены в тексте). В ней учтены, с одной стороны, все существенные географические компоненты ландшафтов, а с другой — особенности миграции элементов в условиях различных ландшафтов. Карты этого типа, построенные на основании большого комплексного фактического материала, еще не вошли в поисковую практику геологов. Однако ими начинает интересоваться все более и более широкий круг работающих в области сельского хозяйства и поисков полезных ископаемых.

В настоящей монографии рассмотрены как отдельные компоненты ландшафтов, так и их сочетание в конкретных типах ландшафтов, включая их геохимические особенности. С этой точки зрения авторы монографии стремились построить свою работу таким образом, чтобы была ясна методика ландшафтно-геохимических исследований на всех их этапах.

Работы, включенные в монографию, не исчерпывают всего материала, собранного экспедицией. Однако его обобщение в части собственно геохимических поисков будет возможно только после окончания проверочных буровых работ на выделенных аномалиях. Этому специальному разделу — методике геохимических поисков — мы предполагаем посвятить отдельную монографию, которая должна явиться завершением работ Южно-Уральской экспедиции ЛГУ в области прикладной геохимии.

ЛЕГЕНДА К РИС. 12 а и б¹

Степная растительность

I. Разнотравно-красноковыльные степи на темно-каштановых суглинистых почвах водораздельных равнин в областях распространения гранитных массивов.

1. Разнотравно-красноковыльные (*Stipa rubens* + *Herbae stepposae*) сообщества на темно-каштановых суглинистых почвах озерно-аллювиальных равнин.

2. Разнотравно-красноковыльные с мезофитными элементами (*Stipa rubens* + *Herbae stepposae* [+ *Herbae mesophyticae*]) сообщества на темно-каштановых суглинистых и супесчаных почвах понижений и ложбин стока на денудационных пeneпленах.

3. Тырсово-разнотравно-красноковыльные (*Stipa rubens* + *Herbae stepposae* + *Stipa capillata*) сообщества на темно-каштановых легкосуглинистых почвах пологих склонов вблизи речных долин.

4. Солодково-разнотравно-красноковыльные (*Stipa rubens* + *Herbae stepposae* + *Glycyrrhiza glabra*) сообщества на темно-каштановых слабо солонцеватых почвах нижних частей склонов и неглубоких ложбин на пeneпленах.

5. Грудницео-разнотравно-красноковыльные (*Stipa rubens* + *Herbae stepposae* + *Linosyris villosa*) сообщества на темно-каштановых солонцеватых почвах пологих склонов увалов, преимущественно южной экспозиции.

II. Типчаково-ковыльковые степи на темно-каштановых суглинистых, иногда супесчаных почвах водораздельных и приречных равнин, сложенных четвертичными суглинками.

6. Типчаково-ковыльковые (*Stipa lessingiana* + *Festuca sulcata*) сообщества на темно-каштановых суглинистых почвах озерно-аллювиальных, озерно-делювиальных равнин и слабо расчлененных пeneпленов.

7. Тырсово-типчаково-ковыльковые с псаммофитными видами (*Stipa lessingiana* + *Festuca sulcata*+*Stipa capillata* [+ *Herbae psammophyticae*]) сообщества на темно-каштановых легкосуглинистых, иногда супесчаных почвах озерно-аллювиальных равнин и высоких террас р. Орь и р. Кумак.

8. Овсевово-типчаково-ковыльковые с петрофитными видами (*Stipa lessingiana* + *Festuca sulcata*+*Hecticotrichon desertorum* [+ *Herbae petrophytiae*]) сообщества на темно-каштановых щебнистых почвах пологих склонов и делювиальных шлейфов.

9. Типчаково-ковыльковые с мезофитными элементами сообщества (*Stipa lessingiana*+*Festuca sulcata* [+ *Herbae mesophyticae*]) на темно-каштановых темноцветных почвах озерно-аллювиальных равнин и широких ложбин стока на пeneпленах.

10. Селитрянополынно-типчаково-ковыльковые (*Stipa lessingiana* + *Festuca sulcata* + *Artemisia nitrosa*) и шренкианополынно-типчаково-ковыльковые (*Stipa lessingiana* + *Festuca sulcata* + *Artemisia schrenkiana*) сообщества на темно-каштановых слабо солонцеватых почвах преимущественно озерно-аллювиальных равнин и высоких террас р. Орь и р. Кумак.

11*. Австрийскополынно-ковыльково-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Stipa lessingiana* + *Artemisia austriaca*) сообщества на темно-каштановых суглинистых почвах в местах выпаса.²

12*. Залежи на месте типчаково-ковыльковых степей:

- a) бурьяннистые (с обилием *Melilotus albus*, *Matricaria inodora*);
- b) кострово-пырейные (*Agropyrum repens* + *Bromus inermis*) мятликово-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Poa bulbosa*) тырсово-тонконогово-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Koeleria gracilis* + *Stipa capillata*);

¹ На карте определенным типом штриховки обозначены группы ассоциаций зональных красноковыльных и ковыльковых степей, экологические варианты степной растительности, а также группы типов комплексов ассоциаций. Ассоциации и отдельные типы комплексов ассоциаций внутри указанных подразделений различаются цифрами.

² Звездочкой отмечены производные сообщества.

в). типчаковые с австрийской полынью и мятым (Festuca sulcata [+ Artemisia austriaca, Poa bulbosa]) в местах выпаса.

13*. Сельскохозяйственные земли на месте типчаково-ковылковых степей на темно-каштановых суглинистых почвах.

III. Ксерофиторазнотравно-типчаково-ковылковые степи на темно-каштановых эродированных, иногда солонцеватых почвах водоразделов (преимущественно озерно-делювиальных равнин и пепеленов, фиксированных остаточной корой выветривания).

14. Ксерофиторазнотравно-типчаково-ковылковые (*Stipa lessingiana* + *Festuca sulcata* + *Pyrethrum achilleifolium*) сообщества на темно-каштановых эродированных почвах.

15. Грудницео-типчаково-ковылковые (*Stipa lessingiana* + *Festuca sulcata* + *Linosyris villosa*) сообщества на темно-каштановых эродированных слабо солонцеватых почвах.

16*. Австрийскополынно-ромашниково-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Pyrethrum achilleifolium* + *Artemisia austriaca*) сообщества на темно-каштановых эродированных почвах в местах выпаса.

17*. Залежи на месте ксерофиторазнотравно-типчаково-ковылковых степей:

- а) бурьянистые (с *Linaria vulgaris*, *Convolvulus arvensis*),
- б) австрийскополынно-пырейные с костром (*Agropyrum repens* + *Artemisia austriaca* [+ *Brótmus inermis*]), ромашниково-типчаковые с австрийской полынью (*Festuca sulcata* + *Pyrethrum achilleifolium* [+ *Artemisia austriaca*]),
- в) австрийскополынно-типчаковые с молочаем и мятым (*Festuca sulcata* + *Artemisia austriaca* [+ *Euphorbia seguieriana*, *Poa bulbosa*]).

18*. Сельскохозяйственные земли на месте ксерофиторазнотравно-типчаково-ковылковых степей на темно-каштановых эродированных почвах.

IV. Галофитные варианты степной растительности на темно-каштановых сильно солонцеватых эродированных почвах озерно-аллювиальных равнин и слабо расчлененных пепеленов, фиксированных остаточной корой выветривания.

19. Грудницео-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Linosyris villosa*) сообщества на темно-каштановых сильно эродированных солонцеватых почвах.

20. Грудницео-селияннополынно-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Artemisia nitrosa* + *Linosyris villosa*) сообщества на темно-каштановых сильно солонцеватых эродированных почвах.

21. Селияннополынно-типчаковые сообщества (*Festuca sulcata* + *Artemisia nitrosa*) на темно-каштановых сильно солонцеватых почвах или на глубоких солонцах.

22*. Селияннополынно-австрийскополынно-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Artemisia austriaca* + *Artemisia nitrosa*) сообщества на темно-каштановых солонцеватых эродированных почвах в местах выпаса.

23*. Залежи на месте галофитных вариантов степной растительности:

- а) господствуют (*Ceratocarpus arenarius*, *Salsola* sp.),
- б) австрийскополынно-пырейные с прутняком (*Agropyrum repens* + *Artemisia austriaca* [+ *Kochia prostrata*]), австрийскополынно-типчаковые с галофитными элементами (*Festuca sulcata* + *Artemisia austriaca* [+ *Herbae halophyticae*]),
- в) австрийскополынные (*Artemisia austriaca*) и австрийскополынно-мятликовые (*Poa bulbosa* + *Artemisia austriaca*) в местах выпаса.

24*. Сельскохозяйственные земли на месте галофитно-типчаковых степей на темно-каштановых солонцеватых эродированных почвах.

V. Петрофитные варианты степной растительности и петрофитные серийные сообщества на темно-каштановых маломощных щебнистых почвах сильно расчлененных пепеленов с близким залеганием коренных пород и в мелкосопочниках, сложенных преимущественно незасоленными породами.

25. Тырсово-типчаковые с петрофитными элементами сообщества (*Festuca sulcata* + *Stipa capillata* [+ *Herbae petrophyticae*]) на темно-каштановых щебнистых супесчаных и легкосуглинистых почвах, развитых на элювии гранитных пород.

26. Спирено-типчаково-тырсовые с паммофитными элементами сообщества ([*Spiraea hypericifolia*] *Stipa capillata* + *Festuca sulcata*) на темно-каштановых маломощных легкосуглинистых почвах, развитых на элювии гранитных пород.

27. Лапчатково-спирено-типчаковые, ([*Spiraea hypericifolia*] *Festuca sulcata* + *Potentilla glaucescens*) сообщества на фрагментарных среднемощных почвах, развитых на элювии гранитов.

28. Овсецово-типчаковые с петрофитными элементами (*Festuca sulcata* + *Helictotrichon desertorum* [+ *Herbae petrophyticae*]) сообщества на темно-каштановых щебнистых почвах, развитых на элювии преимущественно основных интрузивных и осадочных пород.

29. Спирено-ковылково-типчаковые ([*Spiraea hypericifolia*] *Festuca sulcata* +

+ *Stipa lessingiana*) сообщества на темно-каштановых маломощных щебнистых почвах, развитых на элювии преимущественно основных интрузивных и осадочных пород.

30. Петрофитноразнотравно-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Herbae petrophytcae*) сообщества на фрагментарных среднемощных почвах, развитых на элювии преимущественно основных интрузивных и осадочных пород.

31*. Лессингиановополынно-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Artemisia lessingiana*) сообщества на фрагментарных маломощных почвах, развиты на элювии кислых и основных интрузивных и осадочных пород.

32*. Типчаковые с петрофитными элементами (*Festuca sulcata* [+ *Herbae petrophytcae*]) сообщества на темно-каштановых маломощных почвах в местах выпаса.

VI. Псаммофитные варианты степной растительности.

33. Псаммофитноразнотравно-тырсовые (*Stipa capillata* + *Herbae psamtophytcae*) сообщества на темно-каштановых супесчаных почвах озерно-аллювиальных равнин и высоких террас р. Орь и р. Кумак.

34*. Тырсово-типчаковые с псаммофитными элементами (*Festuca sulcata* + *Stipa capillata* [+ *Herbae petrosae*]) сообщества на темно-каштановых супесчаных почвах в местах выпаса.

35*. Сельскохозяйственные земли на месте псаммофитнотырсовых степей на темно-каштановых супесчаных почвах.

VI. Мезофитные варианты степной растительности.

36. Мезофитноразнотравно-тырсовые (*Stipa capillata* + *Herbae mesophytcae*) сообщества на темно-каштановых западинных почвах озерно-аллювиальных равнин и широких ложбин стока на пепеленах.

37. Тырсово-типчаковые с мезофитными элементами (*Festuca sulcata* + *Stipa capillata* [+ *Herbae mesophytcae*]) сообщества на темно-каштановых западинных почвах.

38*. Залежи на месте мезофитных вариантов степной растительности:

а) бурьянистые (с обилием *Sonchus arvensis*, *Setaria viridis*),

б) вейниково-кострово-пырейные (*Agropyrum repens* + *Bromus inermis* + *Calamagrostis epigeios*), вейниково-кровохлебково-полевицевые (*Agrostis alba* + *Sanguisorba officinalis* + *Calamagrostis epigeios*).

39*. Сельскохозяйственные земли на месте мезофитных вариантов степной растительности на темно-каштановых западинных почвах.

Типы комплексов с участием пустынной, пустынно-степной и отчасти степной и луговой растительности засоленных водораздельных и приречных равнин Орь-Кумакского водораздела

VII. Галолитогенные комплексы полынно-типчаковых, полынных и полынно-солинковых сообществ омброфитов засоленных водораздельных равнин Орь-Кумакского водораздела.

а) Петрофитно-галофитные комплексы горноколосниково-селигринополынных, кокколитовых, биоргуновых сообществ и пятен лессингиановополынно-типчаковых и грудницево-типчаковых сообществ в мелкосопочниках, сформированных известняками и мергелями карбона с выходами кварцевых жил и каолинизированной коры выветривания.

40. Грудницево-селигринополынно-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Artemisia nitrosa* + *Linosyris villosa*), лессингиановополынно-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Artemisia lessingiana*) сообщества на каштановых маломощных эродированных и солонцеватых почвах в комплексе с селигринополынными (*Artemisia nitrosa*) группировками на эродированных корковых солонцах пологих склонов менее расчлененных сопок с мощным элювиально-делювиальным покровом.

б) Галофитно-петрофитные комплексы селигринополынно-типчаковых, овсено-типчаковых сообществ и пятен селигринополынно-типчаковых и лессингиановополынных группировок на сильно расчлененных пепеленах и в мелкосопочниках с выходами на поверхность основных эфузивных пород и их туфов (на делювиально-элювиальных отложениях эфузивов).

41. Пармелево-селигринополынно-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Artemisia nitrosa* - *Parmelia vagans*) лессингиановополынно-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Artemisia lessingiana*) сообщества на темно-каштановых маломощных солонцеватых почвах в комплексе с лессингиановополынно-чернополынными (*Artemisia pauciflora* + *Artemisia lessingiana*) и кокколитово-лессингиановополынными (*Artemisia lessingiana* + *Atriplex cana*) группировками на примитивных эродированных солонцевато-солончаковых почвах.

в) Галопетрофитные комплексы лапчатко-типчаковых, грудницево-тырсово-типчаковых, типчаково-тырсовых с петрофитными видами сообществ и пятен

тен селитрянопольных и камфоросмовых на солонцах денудационных пенепленов и мелкосопочников с выходами на поверхность гранитоидных пород.

42. Пармелиево-лапчатково-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Potentilla glaucescens*—*Parmelia vagans*) сообщества на фрагментарных среднемощных почвах, грудницеово-тырсово-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Stipa capillata* + *Linosyris villosa*) сообщества на фрагментарных среднемощных почвах, грудницеово-тырсово-типчаковые (*Festuca sulcata* + *Stipa capillata* + *Linosyris villosa*) сообщества на темно-каштановых маломощных эродированных почвах в комплексе с бескильницео-селитрянопольными (*Artemisia nitrosa*+*Puccinellia dolicholepis*), камфоросмовыми (*Camphorosma monspeliacum*) группировками на солончаковых солонцах.

г) Селитрянопольнико-типчаковые, грудницео-типчаковые и кокпеково-селитрянопольные сообщества в комплексе с чернопольными, кокпековыми и биоргуновыми группировками на автоморфных солонцах-солончаках в местах выходов на поверхность засоленных горизонтов коры выветривания эфузивов и ультраосновных пород.

43. Комплекс кокпеково-селитрянопольных (*Artemisia nitrosa* + *Atriplex cana*), бескильницео-кокпеково-селитрянопольных (*Artemisia nitrosa* + *Atriplex cana* + + *Puccinellia dolicholepis*) сообществ на корковых солонцах, кокпековых (*Atriplex cana*), биоргуновых (*Anabasis salsa*) сообществ на солонцах-солончаках и пятен селитрянопольнико-типчаковых (*Festuca sulcata* + *Artemisia nitrosa*) на глубоких солонцах.

44. Комплекс ромашниково-селитрянопольнико-типчаковых (*Festuca sulcata* + *Artemisia nitrosa* + *Pyrethrum achilleifolium*) сообществ на глубоких солонцах, камфорозово-чернопольных (*Artemisia pauciflora* + *Camphorosma monspeliacum*) сообществ на корковых солонцах и кокпековых (*Atriplex cana*) и биоргуновых (*Anabasis salsa*) группировок на солонцах-солончаках.

45. Комплекс ромашниково-типчаково-ковылковых (*Stipa lessingiana* + *Festuca sulcata* + *Pyrethrum achilleifolium*) селитрянопольнико-ковылково-типчаковых (*Festuca sulcata* + *Stipa lessingiana* + *Artemisia nitrosa*) сообществ на темно-каштановых солонцеватых почвах и пятен селитряной (*Artemisia nitrosa*) и черной (*Artemisia pauciflora*) полыни на глубоких солонцах.

46*. Комплекс грудницео-ковылково-типчаковых (*Festuca sulcata* + *Stipa lessingiana* + *Linosyris villosa*) и грудницео-типчаковых (*Festuca sulcata* + *Linosyris villosa*) сообщества на темно-каштановых эродированных почвах и пятен тырсовых (*Stipa sareptana*) и прутняковых (*Kochia prostrata*) группировок на примитивных солончаковых почвах по сурчинам.

47*. Комплекс австрийскопольнико-грудницео-типчаковых (*Festuca sulcata* + *Linosyris villosa* + *Artemisia austriaca*) сообщества на глубоких солонцах и австрийскопольнико-чернопольных группировок (*Artemisia pauciflora* + *Artemisia austriaca*) на корковых солонцах в местах интенсивного выпаса.

д) Селитрянопольнико-грудницео-типчаковые сообщества в комплексе с селитрянопольными, камфоросмовыми и чернопольными сообществами озерно-делювиальных равнин в местах выходов на поверхность засоленных плюоценовых глин.

48. Комплекс тырсово-селитрянопольнико-типчаковых (*Festuca sulcata* + *Artemisia nitrosa* + *Stipa capillata*) грудницео-селитрянопольнико-типчаковых (*Festuca sulcata* + + *Artemisia nitrosa* + *Linosyris villosa*) сообщества на темно-каштановых сильно солонцеватых эродированных почвах и селитрянопольных (*Artemisia nitrosa*), чернопольных (*Artemisia pauciflora*) группировок на солонцах.

49. Грудницео-типчаково-ковылковые (*Stipa lessingiana* + *Festuca sulcata* + + *Linosyris villosa*) сообщества на темно-каштановых эродированных солонцеватых почвах и камфоростово-селитрянопольные (*Artemisia nitrosa* + *Camphorosma monspeliacum*) сообщества на солончаковых солонцах.

50*. Комплекс тырсово-грудницео-типчаковых сообществ (*Festuca sulcata* + *Linosyris villosa* + *Stipa capillata*) на темно-каштановых эродированных солонцеватых почвах и пятен австрийскопольнико-чернопольных (*Artemisia pauciflora* + *Artemisia austriaca*) на глубоких солонцах в местах выпаса.

е) Ксерофитноразнотравно-типчаково-ковылковые, селитрянопольнико-типчаковые сообщества в комплексе с селитрянопольными, чернопольными и прутняковыми сообществами на пенепленах с выходами на поверхность коры выветривания песчано-глинистой толщи и кристаллических сланцев карбона.

51. Комплекс селитрянопольнико-типчаково-ковылковых (*Stipa lessingiana* + *Festuca sulcata* + *Artemisia nitrosa*) сообщества на темно-каштановых почвах, грудницео-типчаковых (*Festuca sulcata* + *Linosyris villosa*) сообщества на темно-каштановых сильноэродированных солонцеватых почвах и пятен типчаково-селитрянопольных (*Festuca sulcata* + *Artemisia nitrosa*) группировок на глубоких солонцах.

52*. Комплекс селитрянопольнико-типчаково-ковылковых (*Stipa lessingiana* + *Fes-*

tuca sulcata + *Artemisia nitrosa*) сообществ на темно-каштановых солонцеватых почвах и пятачко-прутняковых (*Kochia prostrata* + *Festuca sulcata*) сообществ на солончаковатых солонцах сурчин.

53*. Комплекс ромашниково-селияниново-тилчаковых сообществ (*Festuca sulcata* + *Artemisia nitrosa* + *Pyrethrum achilleifolium*) сообществ на каштановых солонцеватых эродированных почвах и пятачко-австрийскополынных (*Artemisia austriaca*) и чернополынных (*Artemisia pauciflora*) сообществ на солонцах в местах сбоеv.

VIII. Галогидрогенные комплексы полынико-ковыльных, полынико-солянковых сообществ фреатофитов, трихогидрофитов и отчасти омброфитов приречных равнин, солянных балок и замкнутых западин.

а) Комплексы однолетнесолянковых и сочносолянковых фреатофитов с фрагментами луговой растительности на участках с близкими грунтовыми водами (0—3 м).

54. Комплекс однолетнесолянковых (*Salicornia herbacea*, *Suaeda corniculata*) лебедовых (*Atriplex verrucifera*) петросимониевых (*Petrosimonia triandra*) сообществ на гидроморфных солончаках и фрагментов галомезофитной (*Puccinellia tenuissima*) и гидромезофитной (*Calamagrostis epigeios*, *Carex gracilis*, *Phragmites communis*) луговой растительности.

55. Комплекс однолетнесолянковых (*Suaeda corniculata*, *Suaeda* sp., *Holocnemum strobilaceum*, *Salicornia herbacea*), лебедовых (*Atriplex verrucifera*) сообществ на гидроморфных солончаках и пятачко-селияниновых (*Artemisia nitrosa* + *Atriplex verrucifera*) и лебедово-камфорсовых (*Camphorosma monspeliacum* + *Atriplex verrucifera*) группировок на солончаковатых солонцах.

56. Комплекс мезофитнозлаково-карагановых сообществ ([*Caragana frutex* —] *Caia-magrostis epigeios*) на солодах с фрагментами сочносолянковых (*Atriplex verrucifera*, *Petrosimonia triandra*) группировок на солончаковатых солонцах.

57. Комплекс мезофитноразнотравно-тырсовых сообществ (*Stipa capillata* + *Herbae mesophyticae*) на темно-каштановых осоледелых почвах и фрагментов петросимониевых (*Petrosimonia triandra*) и подорожниковых (*Plantago salsa*) группировок на солончаковатых солонцах.

б) Комплексы полынных, полынико-солянковых и сочносолянково-полынных сообществ трихогидрофитов на участках с относительно близкими грунтовыми водами (3—8 м).

58. Комплекс кокпековых (*Atriplex cana*), биургуновых (*Anabasis salsa*) и кокпеково-чернополынных (*Artemisia pauciflora* + *Atriplex cana*) сообществ на корковых солонцах и пятачко-кокпековых (*Atriplex cana* + *Atriplex verrucifera*) и кермеково-чернополынных (*Artemisia pauciflora* + *Limonium suffruticosum*) группировок на солончаковатых солонцах.

59. Комплекс селияниново-тилчаковых сообществ (*Festuca sulcata* + *Artemisia nitrosa*) на глубоких солонцах, кокпеково-чернополынных (*Artemisia pauciflora* + *Atriplex cana*) сообществ на корковых солонцах и петросимониево-чернополынных группировках (*Artemisia pauciflora* + *Petrosimonia triandra*) на солончаковатых солонцах.

в) Комплексы полынных, полынико-тилчаковых и полынико-ковыльных омброфитов с фрагментами полынико-солянковых трихогидрофитов на участках с относительно глубокими грунтовыми водами (8—10 м).

60. Комплекс селияниново-тилчаково-ковыльных (*Stipa lessingiana* + *Festuca sulcata* + *Artemisia nitrosa*) сообществ на темно-каштановых солонцеватых почвах, селияниново-тилчаковых (*Festuca sulcata* + *Artemisia nitrosa*) сообществ на темно-каштановых сильно солонцеватых почвах, группировок прутняка (*Kochia prostrata*) и полыни Шренка (*Artemisia schrenkiana*) на глубоких солонцах, а также фрагментов лебедово-селияниновых (*Artemisia nitrosa* + *Atriplex verrucifera*) и кокпековых (*Atriplex cana*) сообществ на солончаковатых солонцах.

61*. Комплекс австрийскополынно-шренкиановополынно-тырсовых сообществ (*Stipa capillata* + *Artemisia schrenkiana* + *Artemisia austriaca*) на темно-каштановых солонцеватых почвах, шренкиановополынно-австрийскополынных (*Artemisia austriaca* + *Artemisia schrenkiana*) сообществ на глубоких солонцах и пятачко-селияниновых полыни с примесью лебеды (*Artemisia nitrosa* [+ *Atriplex verrucifera*]) на солончаковатых солонцах.

г) Луговая и луговостепенная растительность пойм и низких террас рек, влажных балок и западин.

62. Вейниковые (*Calamagrostis epigeios*), костровые (*Bromus inermis*), мятыликовые (*Poa pratensis*), пырейные (*Agropyrum repens*) и разнотравные (*Sanguisorba officinalis*, *Filipendula hexapetala*, *Plantago major*) остепненные луга в сочетании с зарослями тростника (*Phragmites communis*) и камыша (*Scirpus lacustris*) на луговых или лугово-болотных почвах низких пойм рек.

63. Разнотравно-вейниковые (*Calamagrostis epigeios* + *Herbae mesophyticae*), разнотравно-пырейные (*Agropyrum repens* + *Herbae mesophyticae*), разнотравно-мятлико-

ные (*Poa pratensis* + *Herbae mesophyticae*) луга на слегка песчаных почвах в мелких полузамкнутых западинах, старицах и тыловых зонах в долинах рек и на озерно-аллювиальных равнинах.

64. Разнотравно-волосницевые (*Elymus giganteus* + *Herbae mesophyticae*) луговые степи на аллювиальных песчаных почвах пойм рек.

Кустарниковая растительность

65. Заросли ивняка (*Salix caspica*, *Salix* sp.) на песчаных аллювиальных почвах низких пойм рек Ори и Кумака.

66. Заросли караганы с мезофитным разнотравьем (*Caragana frutex* [—*Herbae mesophyticae*]) на солодах в широких западинах озерно-аллювиальных равнин и в старых высохших притоках рек.

67. Смешанно-кустарниковая растительность (*Cytisus ruthenicus*, *Caragana frutex*, *Spiraea hypericifolia*, *Spiraea crenata*, *Rosa cinnamomea*, *Lonicera microphylla*) на западинных осоледелых почвах в глубоких логах.

Дополнительные знаки

68. Типчаково-грудницевые (*Linosyris villosa* + *Festuca sulcata*) группировки на эродированных глубоких солонцах.

69. Типчаково-овсевые (*Helictotrichon desertorum* + *Festuca sulcata*) сообщества на темно-каштановых маломощных сильно щебнистых почвах.

70. Лессингиановополынные (*Artemisia lessingiana*) группировки на маломощных фрагментарных почвах.

71. Петрофитно-разнотравные сообщества: эфемерово-луковые (*Allium decipiens* + *Poa bulbosa*), горноколосниково-ланчатковые (*Potentilla glaucescens* + *Orostachys spinosa*), икотниковые (*Berteroa spatulata*) на фрагментарных маломощных почвах в сочетании с лессингиановополынно-типчаковыми группировками на темно-каштановых маломощных почвах.

72. Вейниково-разнотравно-красноковыльные с кустарником сообщества ([*Caragana frutex* + *Rosa cinnamomea*] *Stipa rubens* + *Herbae stepposae* + *Calamagrostis epigeios*) на темно-каштановых почвах по неглубоким логам.

73. Овсево-разнотравно-красноковыльные сообщества (*Stipa rubens* + *Herbae stepposae* + *Helictotrichon desertorum*) на темно-каштановых почвах с небольшой щебнистостью.

74. Узкоковыльники (*Stipa stenophyllae*) на темноцветных почвах западин.

ЛЕГЕНДА К РИС. 22, а, б**Субаквальные типы комплексов****Виды местных геохимических ландшафтов и их морфологические комплексы**

I. Субаквальные местные геохимические ландшафты русел рек, озер и искусственных водоемов. Формирующиеся аккумулятивные ореолы и потоки рассеяния.

1. Гидрофитная водная растительность (тростниковые, рогозовые, ситниковые сообщества) на постоянно избыточно увлажненных донных отложениях русел рек, озер и искусственных водоемов.

Группа гидроморфных типов комплексов**Виды местных геохимических ландшафтов и их морфологические комплексы**

II. Гидроморфные местные геохимические ландшафты долин рек, ручьев и временных водотоков с активным водообменом, переменным водным режимом, с пресными и минерализованными водами. Солевые и механические поверхностные потоки рассеяния.

2. Ивняки и вейниковые, костровые и пырейные луга низких пойм с супесчаными, песчаными и галечниковыми аллювиальными почвами.
3. Злаково-разнотравные и разнотравно-олосенцевые луговые степи на суглинистых и супесчаных аллювиальных почвах высоких пойм и I надпойменных террас.
4. Разнотравно-вейниковые луга и мезофитно-разнотравно-тырсовые луговые степи на темно-каштановых почвах на делювии в балках с временными водотоками.

III. Гидроморфные местные геохимические ландшафты замкнутых и полузамкнутых депрессий с высоко стоящими грунтовыми водами, с замедленным водообменом, с преимущественно восстановительными условиями среды. Солевые аккумулятивные ореолы и потоки рассеяния.

5. Разнотравно-вейниковые сообщества на луговых заболоченных почвах; галогидрогенные комплексы сочносолянковой, однолетнесолянковой и галофитно-злаковой, преимущественно фреатофитной растительности на гидроморфных солонцах и солончаках в замкнутых и полузамкнутых западинах с близкими грунтовыми водами.
6. Караганово-тырсовые степи на темно-каштановых западинных почвах, заросли караганы, ракитника и местами березово-осиновые колки на солодах и галогидрогенные комплексы ассоциаций с участием сочносолянковых трихогидрофитов на гидроморфных солонцах в долинообразных полузамкнутых понижениях, выполненных аллювиально-делювиальными отложениями.

IV. Гидроморфные местные геохимические ландшафты периодически затапляемых прибрежных участков искусственных водоемов с весьма близким залеганием грунтовых вод. Формирующиеся аккумулятивные и солевые ореолы рассеяния.

7. Галомезофитная луговая (осоковые, болотницеевые и вейниковые луга) растительность на заболоченных почвах, галогидрогенные комплексы ассоциаций с участием однолетнесолянковой фреатофитной растительности гидроморфных солончаков на затапляемых прибрежных участках искусственных водоемов.

Супераквальные типы комплексов

**Виды местных геохимических ландшафтов
и их морфологические комплексы**

V. Супераквальные местные геохимические ландшафты высоких надпойменных террас, сложенных суглинистым и супесчаным аллювием с глубокостоящими грунтовыми водами, нейтральной и щелочной средой.

8. Псаммофиторазнотравно-тырсовые степи с темно-каштановыми супесчаными почвами II надпойменных террас.
9. Типчаково-ковылковые степи и их псаммофитные варианты на темно-каштановых суглинистых почвах II и III надпойменных террас; фрагменты мезофитно-разнотравно-элаковых луговых степей на дерново-луговых почвах и галопетролитогенные комплексы с участием полыни Шренка и селитряной полыни на автоморфных солонцах.

Супераквально-элювиальные (трансэлювиальные) типы комплексов

**Виды местных геохимических ландшафтов
и их морфологические комплексы**

VI. Супераквально-элювиальные местные геохимические ландшафты мелкосопочников склонов долин с чередованием останцов и участков делювиального сноса, с преимущественным выносом микроэлементов. Первичные и остаточные ореолы, возможны потоки рассеяния.

10. Галопетролитогенные комплексы петрофитно-галофитной, преимущественно степной и пустынно-степной растительности на темно-каштановых маломощных солонцеватых почвах в сочетании с фрагментарными почвами и солонцами на сильно каолинизированной коре выветривания мелкосопочника склонов.

Группа элювиальных типов комплексов Неоэлювиальные подтипы комплексов

**Виды местных геохимических ландшафтов
и их морфологические комплексы**

VII. Неоэлювиальные местные геохимические ландшафты озерных равнин неоген-нижнечетвертичного возраста. Первичные, остаточные и солевые аккумулятивные ореолы и потоки рассеяния.

11. Мезофиторазнотравно-тырсовые степи на темно-каштановых супесчаных и солонцеватых суглинистых почвах озерно-аллювиальных равнин; галогидрогенные комплексы с участием лебедово-чернополынных; прутняковых трихогидрофитов на гидроморфных солонцах.
12. Галопетролитогенные комплексы нитрозовополынно-типчаковых и грудничево-типчаковых сообществ на темно-каштановых солонцеватых эродированных суглинистых почвах и нитрозовополынных и чернополынных группировок на автоморфных солонцах озерно-делювиальных равнин.

Группа паразлювиальных подтипов комплексов

**Виды местных геохимических ландшафтов
и их морфологические комплексы**

VIII. Паразлювиальные местные геохимические ландшафты полого-волнистых денудационных пепелленов с перемытой корой выветривания. Механические и остаточные ореолы рассеяния.

13. Галофитные варианты степей (нитрозово-полынно-типчаково-ковылковые и нитрозово-типчаковые) на темно-каштановых солонцеватых суглинистых почвах полого-волнистых пепелленов.

IX. Паразлювиальные местные геохимические ландшафты полого-волнистых денудационных пепелленов, местами фиксированных остаточной корой выветривания. Механические, остаточные и солевые ореолы рассеяния.

14. Типчаково-ковылковые степи на темно-каштановых суглинистых почвах полого-волнистых пепелленов.

15. Грудницеево-тилчаковые, ксерофитно-разнотравно-тилчаково-ковыльные с петрофитными элементами степи на солонцеватых темно-каштановых суглинистых почвах полого-волнистых пeneпленов.

Х. Паразлювиальные местные геохимические ландшафты слаборасчлененных денудационных пeneпленов, местами фиксированных остаточной корой выветривания. Механические, остаточные и солевые ореолы рассеяния.

16. Ксерофитно-разнотравно-тилчаково-ковыльковые степи на темно-каштановых суглинистых почвах слаборасчлененных пeneпленов в сочетании с грудницеево-нитрозовополынно-тилчаковыми сообществами на темно-каштановых солонцеватых эродированных суглинистых почвах: галопетролитогенные комплексы с участием прутняковых, нитрозовополынных и черносливных сообществ на автоморфных солонцах.

Орто-паразлювиальные подтипы комплексов

Виды местных геохимических ландшафтов и их морфологические комплексы

XI. Орто-паразлювиальные местные геохимические ландшафты сильнорасчлененных пeneпленов местами с выходами коренных пород и корой выветривания *in situ*. Механические, остаточные и солевые ореолы рассеяния.

17. Грудницеево-тилчаковые, нитрозовополынно-тилчаковые степи на эродированных темно-каштановых солонцеватых суглинистых и глинистых почвах сильнорасчлененных пeneпленов; галопетролитогенные комплексы с участием коклеково-нитрозовополынных, коклековых и биоргуновых сообществ на автоморфных солонцах и солонцах-солончаках.
18. Галопетролитогенные комплексы с преобладанием чернополынных, тилчаково-грудницеевых и грудницеево-тилчаковых сообществ на эродированных солонцах коры выветривания с ожелезненными конкрециями.

Группа ортоэлювиальных подтипов комплексов

Виды местных геохимических ландшафтов и их морфологические комплексы

XII. Ортоэлювиальные местные геохимические ландшафты денудационных пeneпленов со смытой корой выветривания. Первичные и остаточные ореолы рассеяния.

19. Галопетролитогенные комплексы с участием горноколосниково-нитрозовополынных, биоргуновых и лессингиановополынных сообществ на примитивных автоморфных солонцах и петрофитные варианты степей (овсевово-ковыльково-тилчаковые со *Spirea hipericifolia*) на темно-каштановых маломощных щебнистых почвах.

XIII. Ортоэлювиальные местные геохимические ландшафты мелкосопочника денудационно-тектонического генезиса на элювии изверженных пород. Первичные и остаточные ореолы рассеяния.

20. Петрофитные варианты степей (преимущественно овсевово-ковыльково-тилчаковые) на защебненных темно-каштановых почвах; петрофитные серийные сообщества: лессингиановополынно-тилчаковые и петрофитно-разнотравно-тилчаковые на фрагментарных почвах; галопетролитогенные комплексы с участием горноколосниково-нитрозовополынных и коклеково-лессингиановополынных сообществ на примитивных солончаковых почвах мелкосопочников.

XIV. Ортоэлювиальные местные геохимические ландшафты денудационных останцов на элювии изверженных и осадочных пород с продолжающимися активными процессами денудации (водная и ветровая эрозия). Первичные и остаточные ореолы рассеяния.

21. Петрофитные варианты степей на темно-каштановых щебнистых маломощных и фрагментарных почвах останцов и монодноков.

ЛИТЕРАТУРА

- Агроклиматические и водные ресурсы районов освоения целинных и залежных земель. Гидрометеоиздат, 1955.
- Агроклиматический справочник по Чкаловской области. Гидрометеоиздат, 1957.
- Алекин О. А. Основы гидрохимии. Гидрометеоиздат, 1953.
- Безруков П. Я. и А. Л. Яншин. Юрские отложения и месторождения бокситов на Южном Урале. В кн.: «Тр. НИИ геологии и минералогии», вып. 7, 1934.
- Бейдеман И. Н. Роль растительного покрова в водосоловом режиме почв. Почвоведение, № 7, 1947.
- Бер Н. Г. Геологические исследования в верхней части бассейна Тобола. Изв. Всеобщ. геол.-разв. объединения, вып. 90, 1932.
- Берлянд Т. Г. и Н. А. Ефимова. Месячные карты суммарной солнечной радиации и солнечного баланса территории СССР. Тр. ГГО, вып. 50 (112), 1955.
- Борисов А. А. Географическое распределение радиационного баланса и его компонентов по территории СССР. Вестник ЛГУ, № 10, 1952.
- Борисов А. А. Климаты СССР. Учпедгиз, 1959.
- Борисова И. В. Биология и основные жизненные формы двудольных растений степных фитоценозов Северного Казахстана. Сб.: «Геоботаника», вып. XIII. Изд. АН СССР, 1961.
- Борисова И. В., Т. И. Исаченко, А. В. Калинина, З. В. Карамышева, Е. И. Рачковская. Список основных растений Северного Казахстана по жизненным формам и эколого-фитоценотическим типам. Сб.: «Геоботаника», вып. XIII. Изд. АН СССР, 1961.
- Быков Г. Е. Рельеф и водоемы бассейна реки Терсак-Кан в Казахстане. Изв. ВГО, № 5, 1933.
- Веригина К. В. Определение валового содержания меди, цинка и кобальта в почвах. В кн.: «Методы определения микроэлементов в почвах и растениях». Изд. АН СССР, 1958.
- Веригина К. В. Определение валового содержания меди в почвах диэтилдитиокарбаматов натрия в присутствии трилона Б. Изд. АН СССР, 1961.
- Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Изд. АН СССР, 1957.
- Виноградова Х. Г. Молибден в растениях в связи с их систематическим положением: Тр. Биогеохимической лаборатории, т. X, 1954.
- Воронков П. П. Формирование химического состава поверхностных вод степной и лесостепной зон европейской территории СССР. Гидрометеоиздат, 1955.
- Гаррис М. А. Георхонологическая шкала Урала и основные этапы его развития в до-кембрий и палеозое (по данным калий-argonового метода). В кн.: «Абсолютный возраст геологических формаций». Изд. «Наука», 1964.
- Гинзбург И. И. Древняя кора выветривания на ультраосновных породах Урала, ч. II, вып. 21. Бюро ИГИ АН СССР, 1947.
- Глазовская М. А. Методические указания для проведения геохимических поисков медноклещадных месторождений на Южном Урале по вторичным ореолам и потокам рассеяния. Изд. МГУ, 1960.
- Глазовская М. А. Опыт составления ландшафтно-геохимической карты. Уч. зап. Латвийск. гос. ун-та. Рига, 1961.
- Глазовская М. А. Принципы ландшафтно-геохимического районирования для целей поисков полезных ископаемых. Вестник МГУ, № 6, 1962.
- Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. Изд. МГУ, 1964.

- Глазовская М. А., А. А. Макунина, И. А. Павленко, М. Г. Божко, И. П. Гаврилова. Геохимия ландшафтов и поиски полезных ископаемых на Южном Урале. Изд. МГУ, 1961.
- Горский И. И. Геотектонические условия формирования угольных месторождений Урала. Изв. АН СССР, сер. геол., № 425, 1943.
- Грачев А. Ф. К теории пenepliцизации. Материалы по геоморфологии и новейшей тектонике Урала и Поволжья, вып. 1, 1962а.
- Грачев А. Ф. Особенности развития Урала как области горообразования. Тезисы докладов Душанбинской сессии II Всесоюзного тектонического совещания. Душанбе, 1962б.
- Грачев А. Ф. Геоморфологический анализ при геохимических поисках полезных ископаемых. (На примере Орь-Кумакского водораздела. Южный Урал.) Материалы по геоморфологии Урала, вып. 2. Изд. «Недра», 1965.
- Гуцаки В. А. Кора выветривания Орского Зауралья. Уч. зап. Саратовск. гос. ун-та, т. 67, 1961.
- Гуцаки В. А. Формирование и возраст коры выветривания Орского Зауралья. Кора выветривания, вып. 5. Изд. АН СССР, 1963.
- Доскач А. Г. Материалы к познанию строения долины р. Урал. В кн.: «Вопросы палеогеографии и геоморфологии бассейнов Волги и Урала». Изд. АН СССР, 1962.
- Елисеев В. И. О молодых тектонических движениях Орского Урала. БМОИП, отд. геол., т. XXV (5), 1950.
- Ермолаев М. М. Области применения современных физических и химических методов к изучению ландшафтной оболочки Земли. Материалы к III съезду ВГО. Л., 1959.
- Ермолаев М. М., Н. С. Чочиа и И. Я. Крым. Геохимические ландшафты и некоторые особенности миграции микроэлементов Орь-Кумакского водораздела (Южный Урал). Вестник ЛГУ, № 18, 1962.
- Ермолаев М. М., Н. С. Чочиа, Э. Е. Роднянская и И. Я. Крым. Ландшафтное районирование и некоторые геохимические особенности Юго-Восточного Зауралья. Сб. «Вопросы ландшафтования». Изд. АН Каз. ССР, 1963.
- Ерохина А. А. Почвы Оренбургской области. Изд. АН СССР, 1959.
- Зубаков Р. А. и Н. С. Чочиа. Геохимические ландшафты и распределение некоторых микроэлементов в почвах и грунтах Присакмарского района Южного Урала. Изв. ВГО, т. 95, 1963.
- Иванов Н. Н. Об определении величин континентальности климата. Изв. ВГО, т. 8, 1953.
- Ильина И. С. Некоторые вопросы классификации растительности сухих степей Орского Зауралья. Вестник ЛГУ, № 18, 1963.
- Ильина И. С. Растительность сухих степей Орь-Кумакского водораздела (Южный Урал). Вестник ЛГУ, № 6, 1964.
- Инструкция по металлометрической съемке. Госгеолтехиздат, 1957.
- Исаченко Т. И. и Е. И. Рачковская. Основные зональные типы степей Северного Казахстана. Сб.: «Геоботаника», вып. XIII. Изд. АН СССР, 1961.
- Карамышева З. В. Растительность каменистых степей юго-западной части Центрально-Казахстанского мелкосопочника. Бот. журн., 1960, № 1.
- Карамышева З. В. О лято-литогенной комплексности растительного покрова каменистых степей Центрально-Казахстанского мелкосопочника. Бот. журн., 1961, № 8.
- Карамышева З. В. и Е. И. Рачковская. Опыт крупномасштабного геоботанического карттирования (на примере растительности юго-западной части Центрально-Казахстанского мелкосопочника). Сб.: «Принципы и методы геоботанического картографирования». Изд. АН СССР, 1962.
- Карамышева З. В. Первичные сукцессии на каменистых местообитаниях в Центрально-Казахстанском мелкосопочнике. Сб.: «Геоботаника», вып. XV. Изд. АН СССР, 1963.
- Кассин Н. Г. Материалы по палеогеографии Казахстана. Изд. АН Каз. ССР, 1947.
- Климат Казахстана. Под ред. А. С. Утешева. Гидрометеоиздат, 1959.
- Ковда В. А., И. В. Якушевская, А. И. Тюрюканов. Микроэлементы в почвах СССР. Изд. МГУ, 1959.
- Краснова В. Н. О возрасте пород Кумакской сланцевой полосы. Уч. зап. Саратовск. гос. ун-та, вып. геол., т. 74, 1960.
- Лавренко Е. М. Растительность Гобийских пустынь Монгольской Народной Республики и её связь с современными геологическими процессами. Бот. журн., 1957, № 9.
- Лениных И. В. Основные вопросы геологии колчеданных месторождений Урала. Тр. Горно-геол. ин-та УФ АН СССР, вып. 43, 1959.
- Лозовая Л. С., М. В. Лозовой. О возрасте гранитоидов Кумакского района. В сб.: «Вопросы геохронологии и геохимии докембрия и палеозоя Южного Урала и восточной части Русской платформы», 1961.
- Максимович Г. А. Химическая география вод суши. Географиз., 1955.

- Макунина А. А. Ландшафты восточного склона Южного Урала. Докл. на V Всесоюз. совещании по вопросам географии и охраны природы Урала, 1959.
- Малюга Д. П. Опыт применения биогеохимического метода поисков рудных месторождений на Южном Урале. Тр. Биогеохимической лаборатории, т. X, 1954.
- Малютина З. А. Стратиграфия и литология угленосной толщи Восточно-Уральского буроугольного месторождения. Тр. Лаборатории геологии угля, вып. VII, 1956.
- Малютина З. А. К вопросу о выделении мамытской свиты в континентальных отложениях восточного склона Южного Урала. Изв. АН СССР, сер. геол., 1959, № 8.
- Мамаев Н. Ф. Об условиях залегания некоторых каменноугольных толщ на восточном склоне Южного Урала. Зап. Уральск. геол. о-ва, вып. 11, 1948.
- Марков К. К. Основные проблемы геоморфологии. Географгиз, 1948.
- Миллер А. Д., Ю. П. Шеригина, З. В. Комарова, А. Б. Каминская, А. П. Каравайкова. Количественное определение микросодержания Cu и Co во вторичных ореолах рассеяния. Изд. ВИТР, вып. 12, 1959.
- Наумов А. Д. Кайнозойские отложения Орского Зауралья. Уч. зап. Саратовск. гос. ун-та, сер. геол., т. 67, 1961.
- Никифорова К. В. Континентальные мезозойские и кайнозойские отложения восточного склона Южного Урала. Тр. Геол. ин-та АН СССР, вып. 46, 1948.
- Николаев Н. И. и С. С. Шульц. Карта новейшей тектоники СССР в масштабе 1 : 5 000 000. Госгеолтехиздат, 1960.
- Овчинников А. М. Общая гидрогеология. Госгеолтехиздат, 1955.
- Пейве А. В. Принцип унаследованности в тектонике. Изв. АН СССР, сер. геол., № 6, 1956.
- Перельман А. И. Геохимические принципы классификации ландшафтов. Вестник МГУ, № 4, 1960.
- Перельман А. И. Геохимия ландшафта. Географгиз, 1962.
- Петренко А. А. Геологическое строение Северных Мугоджар. Тр. Лаборатории геологии угля, вып. I, 1953.
- Пислегина Е. А. Опыт применения гидрохимического метода поисков медноколчадных руд. Материалы по геологии и полезным ископаемым Южного Урала, вып. I. Госгеолтехиздат, 1956.
- Полынов Б. Б. Кора выветривания, ч. 1. Изд. АН СССР, 1934.
- Полынов Б. Б. Геохимические ландшафты. Избран. труды. Изд. АН СССР, 1956.
- Поликарпочкин В. И., Р. Г. Поликарпочкина. Биогеохимические исследования при поисках месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1963.
- Покровская И. М. Замечания к стратиграфии неогеновой системы. В кн.: «Решение межведомственного совещания по разработке унифицированных стратиграфических систем для Урала». Госгеолтехиздат, 1961.
- Природное районирование Северного Казахстана. Изд. АН СССР, 1960.
- Приклонский В. А. Некоторые закономерности формирования грунтовых вод в засушливых областях. Тр. Лаборатории гидрогеологических проблем, т. 1, 1948.
- Разумова В. Н. Меловые и третичные формации западной части Центрального и Южного Казахстана. Тр. ГИИ АН СССР, вып. 4, 1961.
- Разумова В. Н., А. Г. Черняховский. Древняя кора выветривания Орь-Илансского водораздела и история ее развития. Тр. Геол. ин-та АН СССР, вып. 77, 1963.
- Рачковская Е. И. Типы комплексов растительного покрова сухой степи Центрального Казахстана и их классификация. Сб.: «Геоботаника», вып. XV. Изд. АН СССР, 1963.
- Рожанец М. И. Почвы юго-восточной части Орского уезда. Тр. Оренбургского почвенно-ботанического бюро, вып. 1. Оренбург, 1926.
- Рухина Е. В. О некотором типе бугристой степи в Актюбинской области. Уч. зап. ЛГУ, № 34, сер. геол.-почв. наук, вып. 7, 1939.
- Сваричевская З. А. Проблема мелкосопочника. Изв. ВГО, т. 72, 1940.
- Сваричевская З. А. Геоморфология Казахстана и Средней Азии. Изд. ЛГУ, 1965.
- Ткалич С. М. Практическое руководство по биогеохимическому методу поисков рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1959.
- Тужикова В. И. Об эпохах мезозойского угленакопления на восточном склоне Среднего Урала и в Среднем Зауралье. Тр. Горно-геол. ин-та УФАН СССР, вып. 32, 1959.
- Хортон Р. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. ИЛ, 1948.
- Ченцов В. Н. Морфометрические показатели на геоморфологической карте мелкого масштаба. Тр. Ин-та географии, вып. 39, 1948.
- Черняховский А. Г. Нижнемезозойские коры выветривания Орской депрессии (Южный Урал). Тр. Геол. ин-та АН СССР, вып. 77, 1963.
- Шульц С. С. О новейшей тектонике Тянь-Шаня. Тр. XVII сессии Междунар. геол. конгресса. М., 1937.
- Яншин А. Л. Геологическая история Орского Урала в третичном периоде. Изв. АН СССР, сер. геол., № 17, 1948.

О ГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение	3
----------	---

Часть первая

Физико-географическая характеристика Орь-Кумакского водораздела

<i>Глава I.</i> Геологическое строение	7
<i>Глава II.</i> Геоморфологическое строение	21
<i>Глава III.</i> Основные черты климата	39
<i>Глава IV.</i> Гидрогеологические условия	50
<i>Глава V.</i> Почвенный покров	55
<i>Глава VI.</i> Растительность	70
<i>Глава VII.</i> Некоторые общие ландшафтные особенности района и его структура	83

Часть вторая

Геохимические особенности Орь-Кумакского водораздела

<i>Глава VIII.</i> Геохимическая характеристика коренных пород, грунтов, почв и некоторые вопросы прикладной геохимии	94
<i>Глава IX.</i> Рассеяние элементов в растениях	124
<i>Глава X.</i> Биогеохимический метод выявления геохимических аномалий	135
<i>Глава XI.</i> Геоморфологические методы выделения участков различной степени эффективности геохимических поисков	150
<i>Глава XII.</i> Ландшафтно-геохимическая карта как суммарное выражение ландшафтно-геохимических исследований	157
Заключение	169
Приложение 1.	171
Приложение 2.	177
Литература	180

Геохимия ландшафтов Юго-Восточного
Зауралья

Редактор Т. И. Петровская

Техн. редактор Н. А. Елизарова

Корректор И. А. Лебедева

Сдано в набор 25 IX 1965 г.

М. 27567. Подписано к печати 19 II 1966 г.

Уч.-изд. л. 18,73. Печ. л. 11,5+1,5 вкл.

(усл. л. 18,2). Бум. л. 6,5.

Формат бум. 70×108^{1/16}.

Тираж 625 экз.+25 отд. отт.

Заказ 880. Цена 1 р. 31 к.

Тематический план 1965 г., № 50

Типография ЛОЛГУ. Ленинград, В-164,

Университетская наб., 7/9.

ИСПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЯХ, РИС. 18

Напечатано	Следует читать
<i>Pyrethrum achilleifolium</i>	<i>Pyrethrum achilleifolium</i>
<i>Paccinellia brachylepis</i>	<i>Puccinellia dolicholepis</i>
<i>Linosium tatarica</i>	<i>Linosyris tatarica</i>
<i>Limonium Gmelini</i>	<i>Limonium glemelii</i>
<i>Cerratula nitida</i>	<i>Serratula nitida</i>
7. Сурпухово-типчаково-тырсовая	7. Серпухово-типчаково-тырсовая
10. Камфоросмово-кокпеково-нитро- зовополынная	10. Камфоросмово-кокпеково-нит- розовополынная
13. Нитровозополынно-груднице- вотипчаковая	13. Нитровозополынно-груднице- вотипчаковая
18. Спирейно-типчаково-лессингиа- новополынная	18. Спирейно-типчаково-лессин- гиановополынная
31. Комфоросмово-бескильницево- азотистополынно-кокпековая	31. Камфоросмово-бескильницево- азотистополынно-кокпековая

1 р. 31 к.

185



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАДСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

1510