

Геохимическое прошлое ландшафтов СССР

Профессор А. И. Перельман

В последние десятилетия в науках о Земле родилось и успешно развивается новое естественноисторическое направление — геохимия ландшафта, о котором не раз уже писал журнал «Природа»¹. Одна из задач этого направления — показать смену ландшафтов в истории развития поверхности Земли, выявить в этом процессе определенные закономерности. Ученые нашли интересный метод для реконструкции ландшафтов и выяснения преемственности в их смене. Это — изучение реликтов древних ландшафтов. От глубины понимания ландшафтов зависит разработка геохимических критериев для поисков полезных ископаемых, в основном рудных месторождений. В публикуемой статье рассказывается о составленной впервые историко-геохимической ландшафтной карте СССР, которая дает в руки исследователей материал для установления таких критериев.



Александр Ильич Перельман, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР. Многие годы посвятил исследованию геохимических особенностей различных ландшафтов нашей страны; проводит экспедиционные работы на территории Средней Азии и Казахстана. Автор более 100 научных работ, в том числе 11 монографий. За книгу «Геохимия ландшафта» (1966) Географическое общество СССР присудило А. И. Перельману Золотую медаль им. Ф. П. Литке.

Свыше двух миллиардов лет существуют на поверхности суши ландшафты — природные комплексы, в которых горные породы, атмосфера, воды и живые организмы вступают во взаимодействие, образуя динамичную, неравновесную, богатую свободной энергией, чрезвычайно сложную систему. Информацию о ландшафтах прошлых геологических эпох мы получаем от ископаемых скелетов животных, отпечатков растений, древних почв, но главным образом от континентальных отложений — речных, озерных, золовых (ветровых) и других.

Еще в 1925 г. известный советский геохимик, почвовед и географ Б. Б. Польшов (1877—1952) пришел к выводу, что в каждом современном ландшафте имеются реликтовые части — наследство былых геологических эпох, иных климатических и геологических условий. Изучая реликты мы можем установить историю ландшафта и лучше понять его современное состояние.

Геохимические реликты

Горообразование, вулканизм, морские трансгрессии, оледенение неоднократно за время геологической ис-

тории уничтожали ландшафты, и процесс их формирования начинался заново. Поэтому на Земле нет участков, где ландшафты существуют непрерывно миллиарды лет. Некоторые ландшафты нашей страны возникли на глазах нынешнего поколения людей. Так, если посмотреть на карту СССР, опубликованную в 30-х годах, то на восточном побережье Каспийского моря мы увидим заливы Мертвый Култук и Кайдак. Но после того как понизился уровень Каспия, на их месте сформировался пустынный ландшафт, и сейчас на карте под тем же названием показаны соры (солончаки). Однако в большинстве районов СССР непрерывный процесс развития ландшафтов насчитывает тысячи, миллионы и десятки миллионов лет, а в Центральном Казахстане он даже превышает 100 млн лет. Несколько десятков тысяч лет назад на месте нынешней лесной зоны у края европейского ледника располагались своеобразные «тундро-степи», а там, где сейчас простираются сухие степи, росли березовые и сосновые леса. Чем дальше в глубь веков мы обращаем свой взгляд, тем контрастнее картины исчезнувшей природы. Около 200 млн лет назад на месте нынешнего великого пояса азиатских степей и пустынь простиралась не менее грандиозная полоса влажных

¹ См. «Природа», 1963, № 3; 1965, № 2; 1967, № 5.

тропических и субтропических лесов. Они, однако, значительно отличались от современных джунглей Амазонки или экваториальной Африки господством древовидных папоротников, хвойных, гинговых и цикадофитов. А в прибрежных участках озер и рек, на мелководье, жили тогда огромные ящеры — бронтозавры, брахиозавры, скелеты которых поражают воображение в залах палеонтологических музеев.

Изучение современных ландшафтов показало, что во многих из них наблюдаются концентрации и ассоциации химических элементов, которые возникли в других условиях в предшествующее время. Это геохимические реликты. Такие реликты хорошо изучены в почвах, корях выветривания и континентальных отложениях; значительно хуже — в растениях и еще хуже — в животных; не исключается их сохранение и в водах ландшафта.

В изучении геохимических реликтов и состоит, как говорилось выше, важнейший метод восстановления геохимической эволюции ландшафтов. Мы наметили основные типы такой эволюции для территории СССР. Наглядное представление о них дает историко-геохимическая ландшафтная карта.

Историко-геохимическая карта

Около половины территории СССР характеризуется молодыми ландшафтами, которые бедны геохимическими реликтами. Эти ландшафты начали формироваться на последнем этапе геологической истории, преимущественно в конце неогена и в четвертичном периоде. Хотя длительность данного этапа (первые миллионы лет) сравнительно невелика и составляет около одной тысячной доли возраста земной коры (3,5 млрд лет), этот период отмечен многими замечательными особенностями, оказавшими огромное влияние на развитие ландшафтов.

Несколько миллионов лет назад начались энергичные поднятия отдельных участков земной коры, возникли крупнейшие горные хребты — Тянь-

Шань, Урал, горы Сибири и Дальнего Востока. Все они результат «новейших поднятий» — неотектоники. С меньшей силой поднятия проявились в Центральном Казахстане, Мугоджарах, Восточной Сибири, на Русской равнине. За это время Кавказ поднялся более чем на 3000 м, Урал — более чем на 500 м, возвышенности на Русской равнине — более чем на 200 м и т. д.¹ Чем энергичнее были поднятия, тем сильнее реки размывали возникающие горы, уничтожали следы бывших ландшафтов — их почвы, кору выветривания, рыхлые отложения. Поэтому в почвах и континентальных отложениях горных стран часто нет геохимических реликтов (А₁).² Однако разрушительная работа рек, как правило, «не поспевала» за поднятиями, сильно расчленились только краевые части воздымающихся массивов. Вот почему в горных странах на больших высотах нередко обнаруживаются остатки бывших равнин. Эти «древние поверхности выравнивания» особенно характерны для Тянь-Шаня («сырты»), но известны также на Урале и в горах Сибири. В почвах и продуктах выветривания здесь содержатся геохимические реликты, которые, к сожалению, еще плохо изучены.

В неотектонический этап развития земной коры происходили и ее прогибания, местность затоплялась морскими водами, заполнялась речными и прочими континентальными отложениями. В Прикаспии, в районе современной дельты Терека, прогибание превысило 3000 м, в Каракумах — 1000 м, на севере Западной Сибири — 100 м и т. д.

Районы четвертичных морских трансгрессий, дельт и пойм рек мы также относим к молодым ландшафтам, бедным геохимическими реликтами (А₂ и А₃).

Похолодание в четвертичном периоде приводило к многократным оледенениям. Материковые льды покрывали огромные территории в Ев-

ропе, Азии, Северной Америке. Последнее оледенение в Северной Европе наступило несколько десятков тысяч лет назад. В некоторых районах льды растаяли лишь в историческую эпоху, в начале нашей эры.

Ледник при движении, как правило, уничтожал следы бывших ландшафтов. А после его отступления на поверхности ледниковых отложений формирование ландшафтов начиналось заново. Поэтому районы последнего оледенения (А₄) также отмечены молодыми ландшафтами, возраст которых колеблется от нескольких тысяч до первых десятков тысяч лет. Эти ландшафты небогаты геохимическими реликтами, хотя местами и обнаруживаются различные вещественные следы ледниковой и послеледниковой эпохи (погребенные торфяники, ископаемые почвы и др.).

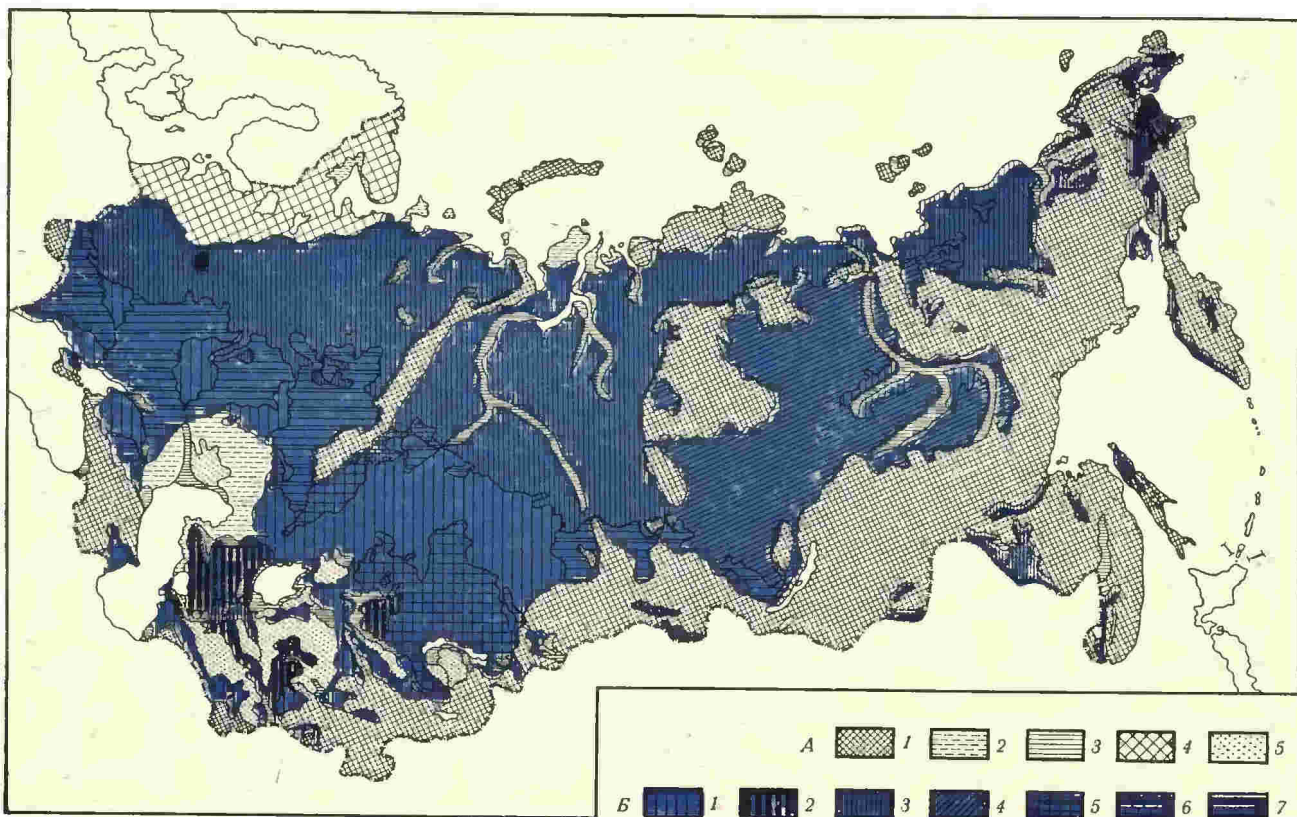
К числу молодых ландшафтов, бедных геохимическими реликтами, следует отнести и районы золовой (ветровой) аккумуляции, где ветер, перенесая пески, создает все новые и новые поверхности для поселения растений. Эти «постоянно обновляемые ландшафты» характерны для Каракумов, Кызылкумов и других песчаных пустынь (А₅).

Современная география этих пустынь сложилась сравнительно недавно. Если бы нам удалось посмотреть на равнины Средней Азии с большой высоты в начале четвертичного периода, возможно, мы бы не узнали их сразу, так как главные ориентиры — могучие реки — текли совсем по-иному. Великая водная артерия Средней Азии — Амударья в то время впадала в Каспийское море, ее русло блуждало по Низменным Каракумам недалеко от современного Ашхабада. Ныне теряющиеся в песках Мургаб и Теджен были притоками Амударьи. Сырдарья, Зеравшан, Чу (вернее, их предки) тоже текли не так, как сейчас. Все эти реки блуждали по равнинам, откладывали на них свои осадки. Поэтому большая часть Средней Азии в начале четвертичного периода была огромной аллювиальной равниной с близкими грунтовыми водами, с лугами, болотами, солончаками, такырами, а местами — с развезаемыми песками.

Аллювиальные равнины стали воз-

¹ См. Карту новейшей тектоники СССР (неотектоники) в Физико-географическом атласе мира (ФГАМ). М., 1964.

² Здесь и ниже в скобках указаны индексы ландшафтов на Историко-геохимической ландшафтной карте СССР.



Историко-геохимическая ландшафтная карта СССР.

Изучение геохимических реликтов помогает восстановить историю ландшафтов СССР. А — молодые ландшафты без существенных геохимических реликтов или со слабым их развитием; А₁ — в условиях энергетических неотектонических поднятий и эрозионной деятельности; геохимические реликты на террасах рек и древних поверхностях выравнивания; А₂ — в областях молодых трансгрессий; А₃ — в поймах и дельтах рек; А₄ — в областях последнего оледенения с широким развитием ледниковых отложений; местами распространены геохимические реликты ледникового периода; А₅ — в областях эоловой аккумуляции.

Б — ландшафты со сложной историей, сменой элювиальных и суперэлювиальных режимов, геохимическими реликтами разного типа: Б₁ — молодые ландшафты, формировавшиеся в аридных условиях, частично пережили суперэлювиальную стадию; преобладание солевых реликтов; Б₂ — ландшафты, формирование которых протекало в течение длительного времени в аридных условиях (начиная с неогена), частично прошли через суперэлювиальную стадию; преобладание солевых реликтов; Б₃ — ландшафты, формирование которых протекало в гумидных условиях, частично прошли через суперэлювиальную стадию; углеродистые и железо-марганцевые реликты; Б₄ — ландшафты с длительной историей, сменой гумидных теплых гумидными мерзлотными условиями, преимущественно с железо-марганцевыми, углеродистыми и ледяными реликтами; Б₅ — ландшафты со сложной и длительной (с мезозоя) историей, сменой гумидных и аридных элювиальных и суперэлювиальных режимов; солевые, глинистые и железо-марганцевые реликты; Б₆ — ландшафты со сложной и длительной (с мезозоя) историей, сменой гумидных и аридных элювиальных и суперэлювиальных режимов; глинистые и железо-марганцевые реликты без существенных солевых реликтов; Б₇ — ландшафты с длительной историей, частично пережившие суперэлювиальную стадию, с реликтами разного типа.

никать после ухода палеогеновых и неогеновых морей, поэтому под четвертичным аллювием в пустынях Средней Азии часто обнаруживается более древний, неогеновый аллювий.

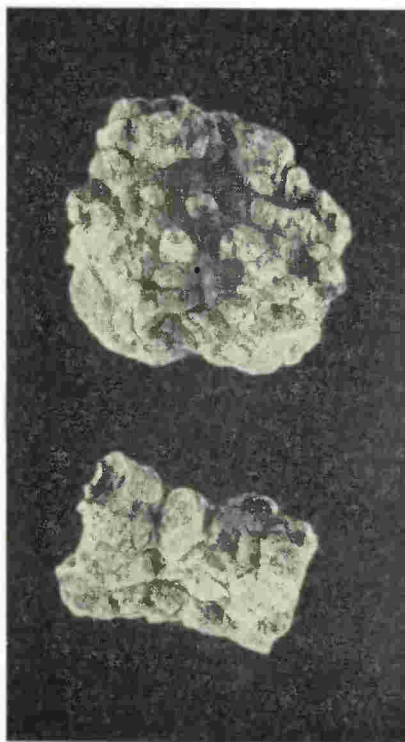
Речная сеть в палеогене и неогене еще сильнее отличалась от современной. В неогене не было столь гигантского, как ныне, барьера Гималаев и Гиндукуша, влажный муссон с Индийского океана мог достигать равнин Средней Азии. На Земле в целом было теплее: в Арктике отсутствовали ледниковые покровы, а в Средней Азии не было морозных зим. Среднеазиатские аллювиальные неогеновые равнины представляли собой тропические саванны, чередующиеся с лесами, болотами, солончаками в долинах рек.

Иссушение климата привело к разрыванию неогенового и четвертичного аллювия, ветер стал хозяином этих бесконечных равнин. На сотни километров протянулись внешне однообразные бугристые, ячеистые, грядовые и другие формы эолового рельефа. И лишь изредка под навесными песками обнажаются геохимические реликты неогеновых и древнечетвертичных ландшафтов — своеобразные ископаемые почвы. Они формировались на аллювиальных равнинах при близком залегании грунтовых вод. Как показали наши исследования, часть этих почв «вымерла» и не встречается ныне на территории СССР. В ископаемых неогеновых солончаках мы обнаружили концентрации глинистого минерала палыгорскита, крупные известковые конкреции, горизонты гипса. Цвет почв необычен для пустыни — сиреневый.

Но ископаемые почвы встречаются не так уж часто, и во многих районах песчаных пустынь ландшафт почти не содержит геохимических реликтов.

Значительно сложнее история сменяемых ландшафтов во многих районах Казахстана, Урала, Сибири, Европейской части СССР, Средней Азии (Б).

Многие низменности южной половины СССР — Кура-Араксинская, юг Западной Сибири, Кубанская равнина и другие сложены четвертичными, преимущественно аллювиальными отложениями. Но, в отличие от Каракумов, реки здесь откладывали не пески, а суглинки и глины, ветер не



Известковые конкреции из ископаемых почв Каракумов

играл большой роли в создании рельефа. На бывших речных равнинах близко залегали грунтовые воды, которые, испаряясь, откладывали в почвах соли. Позднее уровень грунтовых вод понизился, реки изменили свои русла, но соли в почвах сохранились. Поэтому в современную эпоху на таких равнинах в почвах местами много геохимических солевых реликтов — гипса, сульфатов и хлоридов натрия (Б₁).

Загадочна геохимическая история грандиозного пустынного плато Устюрт, простирающегося на многие сотни километров между Каспийским и Аральским морями. Воды сарматского (неогенового) моря покинули этот район десятки миллионов лет назад. Как показывают геологические наблюдения, здесь не было речных долин, но везде почвы Устюрта имеют мощный гипсовый горизонт. Это геохимический реликт, но как он образовался и когда — пока еще неяс-

но. Возможно, гипс — это след бывшего близкого стояния грунтовых вод (сейчас на Устюрте они залегают очень глубоко), а возможно, гипс и соли были принесены ветром с Каспийского моря. Для других древних пустынных плато, например для так называемых Заунгузских Каракумов твердо установлено бывшее близкое залегание грунтовых вод (все эти древние районы, формирование которых протекало в условиях аридного климата и засоления, показаны на карте индексом Б₂).

В северной половине СССР формирование ландшафтов в четвертичном периоде протекало в условиях гумидного климата. На равнинах Белоруссии, верхней Волги, бассейна Северной Двины и Печоры, Западной Сибири, на аллювиальной равнине Колымы (Б₃) в прошлом близко от поверхности залегали грунтовые воды. Во многих районах они стоят вблизи поверхности и сейчас. Но влажность климата определила совершенно иной состав реликтов, чем в пустынях: здесь нет солей, реликтами являются концентрации углерода (торфяники), железа и марганца, связанные с бывшими болотами и озерами. И в современную эпоху в болотах и озерах накапливается органическое вещество, минералы железа и марганца.

Грандиозная Среднесибирская возвышенность, протянувшаяся на тысячи километров по меридиану почти от побережья Ледовитого океана до подножий Саянских гор, пережила чрезвычайно длительную и сложную историю (Б₄). Еще в палеозойскую эру, т. е. сотни миллионов лет назад, здесь установились континентальные условия, стали формироваться гумидные ландшафты. В дальнейшем эти ландшафты неоднократно менялись, но некоторые общие их черты оставались неизменными — теплый влажный климат, лесная растительность, болота, аккумуляция в почвах органического вещества, железа, марганца. Четвертичное похолодание привело к резкому изменению природных условий: земная кора была проморожена на сотни метров, сформировались особые таежно-мерзлотные ландшафты, которые здесь господствуют и в настоящее время. В этих

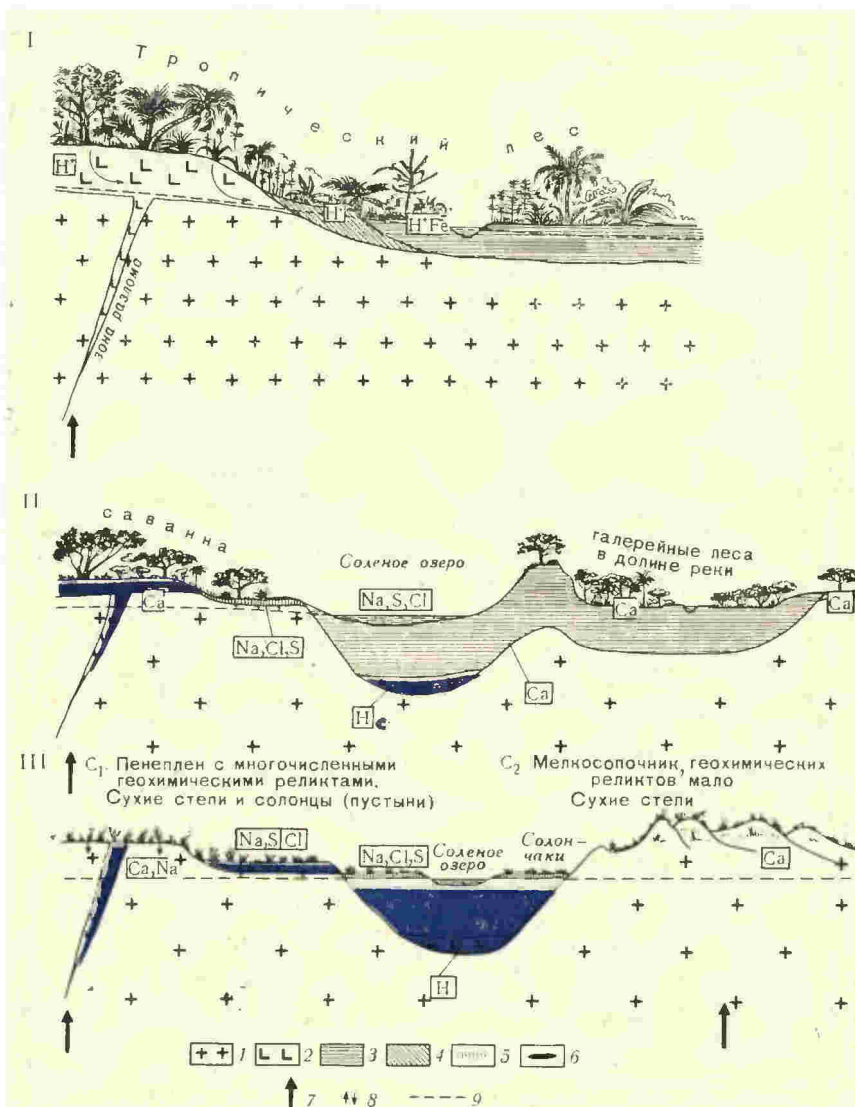
Вверху. Обнажение древней коры выветривания палеозойских пород в степях Казахстана (по В. Н. Разумовой).

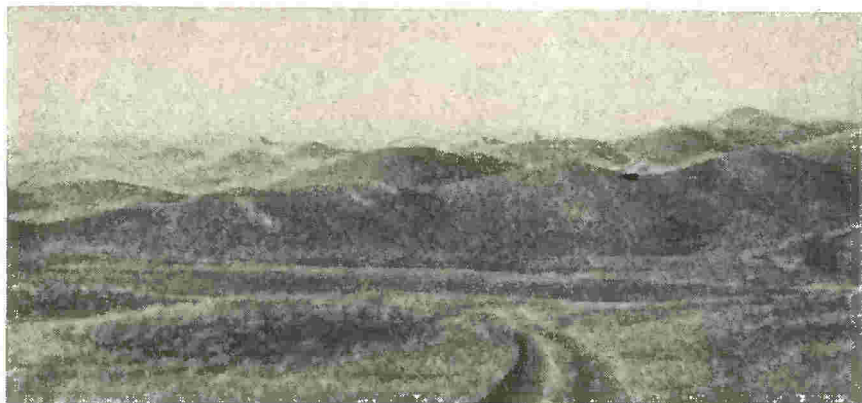


Внизу. Основные этапы истории геохимического развития ландшафтов Южных Мугоджар (по А. И. Перельману).

150 млн лет назад на месте сухих степей Мугоджар были тропические леса, а 10 млн лет назад — саванны. I — геохимические ландшафты в нижнем мезозое (верхний триас — нижняя юра): очень слабые поднятия; сформировался пенеплен («почти равнина»); лесные ландшафты влажных тропиков; в почвах и коре выветривания — кислое выщелачивание, в болотах — накопление торфа, железа и марганца. II — геохимические ландшафты в неогене: слабые поднятия и опускания; пенеплен в основном сохранился; ландшафты саванны с геохимическими реликтами влажных тропиков (отмечены синим); засоление в озерах и на участках близкого залегания грунтовых вод. III — геохимические ландшафты в четвертичном периоде (современные). Тектоническая обстановка дифференцирована: участки слабых поднятий и пенепленов чередуются с районами энергичных поднятий и мелкосопочника; ландшафты сухих степей с геохимическими реликтами влажных тропиков и саванны; засоление в озерах и почвах.

1 — палеозойские породы; 2 — кислая кора выветривания; 3 — аккумулятивные речные, озерные и другие отложения; 4 — речные отложенные террасы; 5 — гилсовые горизонты; 6 — торфяники; 7 — направление общего поднятия территории; 8 — направление движения растворов; 9 — уровень грунтовых вод; в рамке — типоморфные элементы и ионы, определяющие геохимическое своеобразие ландшафта. Цветом показаны реликты.





Мелкосопочник Южных Мугоджар.
Фото Л. Скрыльникова

ландшафтах местами сохранились геохимические реликты доледникового периода; характерны реликты и ледниковой эпохи в форме различных ископаемых льдов.

Еще более сложна история таких районов СССР, где на протяжении десятков и сотен миллионов лет чередовались аридные и гумидные условия, элювиальные и супераккумулятивные, одни типы геохимических реликтов «накладывались» на другие. Подобная история была характерна для многих районов Среднего и Южного Урала, Казахстана (Б.). Проведенные за последние годы исследования помогли восстановить смену ландшафтов в Центральном Казахстане и Мугоджарах.

К концу триасового периода мезозойской эры, т. е. около 200 млн лет назад, горы, образовавшиеся на этой территории в палеозое, были полностью разрушены реками. Горная страна превратилась в слабо волнистую равнину с множеством полноводных рек, болот, озер, с густыми лесами на междуречных пространствах. Теплый и влажный климат той эпохи благоприятствовал росту растений и быстрому разложению их остатков. В результате почвы и воды обогащались органическими кислотами, которые определили глубокое разложение горных пород. Так образовалась кислая выщелоченная кора выветривания; ее мощность местами превышала 100 м. Граниты были превращены в глинистую массу, содер-

жащую много минерала каолинита («каолиновая кора выветривания») — сырья для керамической промышленности. На ультраосновных породах в коре выветривания накапливались железо, хром, никель, кобальт, образуя местами промышленные железные и никелевые руды.

Влажный и теплый климат во многих районах Казахстана и Урала господствовал длительное время, но тектонические условия не оставались постоянными. На участках небольших

поднятий верхняя часть коры выветривания размывалась, и начиналось разложение глубоких горизонтов свежих горных пород. Так происходило «омоложение» кислой коры выветривания, молодые процессы «накладывались» на более древние. В местах небольших опусканий коры выветривания захоронялась — перекрывалась речными, озерными и прочими отложениями. Но и поднятия и опускания в общем были незначительны; те или иные горизонты коры сохранялись во многих ландшафтах Северного, Центрального и частично Южного Казахстана на протяжении всего юрского (140—185 млн лет назад), мелового (70—140) и палеогенового (25—70) периодов, т. е. свыше 100 млн лет.

Резкие изменения наступили на большей части этой территории в начале неогена, т. е. уже «не так давно» — около 20 млн лет назад. Тектоническая обстановка в это время оставалась «спокойной», поднятия и опускания характеризовались небольшой амплитудой, горы не возникали. Но климат изменился существенно: стало значительно суше, место былых лесов заняли саванны. Ландшафт напоминал современную африканскую саванну Судана, Нигера, Мали — открытые травянистые пространства чередовались с отдельными группами деревьев и лесами в речных долинах.

Во вторую половину неогенового периода в саваннах Казахстана господствовала «фауна гиппариона» (от названия древней небольшой трехпа-



Б. Б. Полюнов, выдающийся советский почвовед, геохимик и географ, основоположник геохимии ландшафта

лой лошади — гиппариона). Для этой фауны были характерны жирафы, олени, носороги, мастодонты, антилопы, верблюды, быки и другие обитатели открытых пространств. По сравнению с современным Центральным Казахстаном климат неогена был влажнее и теплее (не было морозных зим).

Формирование кислой коры выветривания в эту эпоху прекратилось, она стала «геохимическим реликтом» — «древней корой выветривания». Местами на ней формировались неогеновые почвы, в коре располагался горизонт грунтовых вод. Испаряясь вблизи поверхности, воды осаждали гипс, кальцит, легкорастворимые соли. Так происходило засоление древней коры выветривания, наложение солевых горизонтов на каолиновые.

В озерах неогеновых саванн вода сильно испарялась, они осолонялись, местами из воды осаждался гипс. Организмов в таких водоемах, видимо, было немного, их остатки быстро разлагались. Осадки озер имели красную окраску (за счет соединений трехвалентного железа).

Как показали наши исследования, неоген в значительной степени был также «марганцевой эпохой» (энергично мигрировал и накапливался марганец) и «содовой эпохой» (было много щелочных содовых озер).

В конце неогена снова произошла резкая перестройка природы — началось похолодание, саванны исчезли. В эпохи четвертичных оледенений, когда климат становился особенно холодным, ландшафтные зоны сдвигались на юг. Северная часть Западной Сибири покрывалась ледником, край которого длительное время был в среднем течении Оби, южнее Ханты-Мансийска. Южнее располагалась тундра, а на месте черноземных и сухих степей — сосново-березовая лесостепь. Потом климат стал суше, и зоны «сдвинулись на север». Такое смещение ландшафтных зон происходило несколько раз — в ледниковые эпохи становилось суше и холоднее, в межледниковые — теплее и влажнее.

Каждой эпохе четвертичного периода соответствовали свои почвы и континентальные отложения. Они форми-

ровались преимущественно в сухом климате, который благоприятствовал испарительной концентрации элементов в грунтовых водах, почвах, рыхлых отложениях, растениях. И в современную эпоху на равнинах Казахстана многочисленны соленые озера, солончаки и растения накапливают соли.

В четвертичном периоде произошли небольшие поднятия, оживилась работа рек, возникли холмы и низкие горы, получившие наименование мелкосопочника. В этих местах неогеновые отложения и кислая кора выветривания были смыты, на поверхность вышли древние палеозойские породы. Ландшафт «омолодился», в нем почти не сохранились геохимические реликты. Но во многих районах неотектонические поднятия почти не проявились, и там ландшафт представлен слабо расчлененной равниной с неогеновыми и более древними континентальными отложениями, кислой корой выветривания палеозойских пород. Именно эти ландшафты содержат геохимические реликты мезозоя и палеогена (остатки кислой коры выветривания, местами — углистые и железистые осадки), неогена (солевые реликты — гипс, кальцит, легкорастворимые соли, часто также соединения марганца), четвертичного периода (солевые реликты).

Перейдя на «атомарный язык», характерный для геохимии, мы можем сказать, что в современных ландшафтах равнин Казахстана к геохимическим реликтам мезозоя и палеогена относятся аккумуляции Fe, Al, местами — Ni, Cr, Co; к реликтам неогена — S, Cl, Na, Ca, Sr, Ba, Mn; четвертичного периода — S, Cl, Na, Ca, Mg и другие «элементы солей».

*

Итак, мы видели, что многие районы СССР пережили чрезвычайно сложную геохимическую историю, обязанную смене климатов, поднятиям и опусканиям. Ландшафты этих районов богаты геохимическими реликтами, изучение которых позволяет восстановить их историческую геохимию. Результаты, полученные при изучении реликтов, свидетельствуют о том, что историческая геохимия

должна стать необходимым разделом каждой характеристики ландшафта.

В изучении геохимической истории ландшафтов заинтересованы не только геология и география, но также и биологические науки. Хорошо, например, известно, что в районах рудных месторождений, распространения ультраосновных, засоленных и других пород развита особая флора, нередко встречаются «уродливые» формы растений, растения, обогащенные никелем, медью, свинцом и другими металлами. Здесь намечаются возможности решения интереснейших вопросов эволюционной биохимии растений и животных, вскрытия глубоких механизмов влияния химических факторов на жизненные процессы.

Знание исторической геохимии ландшафта ценно не только в теоретическом отношении. Хотя большинство рудных месторождений Казахстана, Урала, Средней Азии образовалось в палеозойскую эру, на земную поверхность многие из них вышли лишь в начале мезозоя, когда рудные элементы «включились в ландшафтную миграцию». Так, во влажных тропиках триаса и юры возникли «вторичные ореолы рассеяния рудных месторождений» — зоны повышенной концентрации элементов в почвах и рыхлых отложениях.

Ореолы многократно изменялись последующими процессами кислого выщелачивания, засоления, огипсования и т. д. В результате в современных ландшафтах вторичные ореолы — важнейшие поисковые признаки рудных месторождений — часто сильно ослаблены, искажены, деформированы, «оторваны от рудных выходов». Это затрудняет поиски руд, рациональная методика которых должна быть основана на знании геохимической истории ландшафтов. Поэтому на основе изучения исторической геохимии ландшафта должны разрабатываться и рациональные методы поисков рудных месторождений.

УДК 912: 550.4