

Этот специальный выпуск журнала посвящен 100-летию Александра Ильича Перельмана, который вместе со своим учителем Б.Б. Польшовым, а также с М.А. Глазовской создавал в середине прошлого века новую науку – геохимию ландшафтов. Его многогранное творчество включало в себя ряд научных направлений в науках о Земле.

Читателю предлагаются статьи, посвященные развитию идей А.И. Перельмана о формах миграции химических элементов в ландшафтах и их поведении в природных и техногенных ландшафтах.

ЖИЗНЬ И НАУЧНОЕ ТВОРЧЕСТВО А.И. ПЕРЕЛЬМАНА

Александр Ильич Перельман – выдающийся ученый-геохимик, географ, один из основателей новой науки – геохимии ландшафта, создатель учения о геохимических барьерах, крупнейший специалист в области биогеохимии, геохимии урана, геохимии эпигенетических процессов и экогеохимии, родился 18 мая 1916 г. в Москве в семье инженера. В 1933 г., после окончания школы рабочей молодежи и рабфака, он поступил на почвенно-географический факультет МГУ, где в то время преподавали многие выдающиеся ученые.

В подготовке студентов большое место занимали естественно-научные предметы: почвоведение, микробиология, биология, геология, физика, химия, которой Александр Ильич особенно увлекся. Труды В.И. Вернадского и А.Е. Ферсмана, Б.Б. Польшова и А.А. Саукова определили его интерес к геохимии – науке, которой Александр Ильич посвятил свою жизнь.

По окончании университета (1938) А.И. Перельман был оставлен в аспирантуре у профессора В.В. Геммерлинга и в июне 1941 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Опыт энергетической характеристики некоторых реакций химического выветривания».

Великая Отечественная война прервала на время его занятия наукой – Александр Ильич был направлен в трест «Спецгео», занимавшийся военно-геологическим обеспечением Красной Армии. В Комиссии помощи фронту Всесоюзного географического общества работал его учитель Б.Б. Польшов, который в 1944 г. опубликовал брошюру «Роль географии почв и учения о ландшафтах в тактике и

оперативном искусстве» с практическими рекомендациями по оценке тактических свойств местности и составлению соответствующих карт.

Работая под руководством Б.Б. Польшова, Александр Ильич разрабатывал методику создания целевых разномасштабных ландшафтных карт, по заданию штабов инженерных войск разных фронтов составлял карты условий проходимости для пехоты и разных видов техники, приспособленности территории для огневых позиций при наступательных операциях, карты рационального размещения оборонительных сооружений и водоснабжения войск на оборонных рубежах, давал оценку маскировочных свойств местности, просматриваемости ее с земли и воздуха.

Составляя объяснительные записки к картам, он приобрел опыт лаконичного, предельно четкого описания явлений, происходящих в ландшафте, которые необходимо учитывать при разработке плана боевых операций. Этот простой и ясный стиль объяснения сложных геохимических проблем Александр Ильич перенес в дальнейшем в свои научные и учебные труды.

Творчество Александра Ильича очень многогранно. Он внес основополагающий вклад в геохимию ландшафта и геохимию эпигенетических процессов в зоне гипергенеза, геохимию почв и биосферы, гидрогеохимию, поисковую и экологическую геохимию, радиогеоэкологию, историю и популяризацию науки, геохимическое образование.

Главные черты научного творчества

После окончания Великой Отечественной войны для обеспечения страны новым видом мине-

рального сырья быстро развивающейся атомной промышленности Александр Ильич начал изучать образование месторождений и рудопроявлений урана, геохимию этого элемента в зоне гипергенеза, что позволило сделать вывод о геохимическом единстве ландшафтной и гипергенной миграции химических элементов. Он считал, что многие процессы, протекающие в почвах, можно рассматривать как своеобразные модели значительно более грандиозного перемещения и концентрации вещества в коре выветривания и подзоне катагенеза, поэтому геологам полезно изучать почвенные процессы как модель рудообразования. Легкая доступность почв для исследования, современный характер протекающих в них процессов делает их ценными объектами для изучения различных геологических явлений. На эту сторону почвообразования ученые еще не обращали внимания, здесь открывались новые возможности для теоретических построений.

Основными направлениями дальнейших научных исследований А.И. Перельмана стали геохимия ландшафта и геохимия эпигенетических процессов в зоне гипергенеза.

Основы геохимии ландшафта как новой пограничной науки между географией, геологией и почвоведением заложены в конце 1940-х гг. замечательным ученым академиком Б.Б. Польшиным. А.И. Перельману принадлежит заслуга первого систематического изложения ее основ – в 1955 г. появляются «Очерки геохимии ландшафта», в которых намечен каркас создаваемой науки. Особенно ярко талант Александра Ильича как одного из создателей геохимии ландшафтов отразился в его ставших классическими книгах «Геохимия ландшафта», издававшихся в 1961, 1966, 1975, 1999 г. Каждое последующее издание было, по существу, отдельным трудом, значительно переработанным и дополненным новыми разделами. Эти книги одновременно служили учебными пособиями по университетскому курсу «Геохимия ландшафта» на географическом факультете МГУ, который он с 1951 г. блестяще читал более 40 лет.

По А.И. Перельману, геохимия ландшафта состоит из нескольких основных направлений.

Общая геохимия ландшафта – теоретические основы науки

Разрабатывая геохимию ландшафта, Александр Ильич опирался на труды своего учителя Б.Б. Польшина о системообразующей роли миграции вещества и геохимической сопряженности ландшафтов. В работах А.И. Перельмана получили развитие основополагающие представления о классификации элементарных и геохимических ландшафтов, геохими-

ческих сопряжениях, о видах миграции веществ в ландшафтах, о ведущей роли биологического круговорота в миграции веществ, биофильности элементов. Они развивали учение В.И. Вернадского о биосфере. А.И. Перельманом предложен один из главных биогеохимических показателей – коэффициент биологического поглощения – соотношение между химическим составом организмов и питающей средой, на его основе разработаны известные ряды биологического поглощения Перельмана.

Особенно значителен вклад Александра Ильича в разработку учения о водной миграции элементов в ландшафтах и биосфере. Изучая геохимические условия миграции и концентрации веществ, основываясь на предложенном им правиле типоморфности и принципе подвижных компонентов, Александр Ильич ввел фундаментальное понятие о классах водной миграции, представляющих собой мозаику сочетаний окислительно-восстановительных, кислотно-щелочных, сорбционных и других условий в морских, поверхностных и подземных водах, почвах, корах выветривания, изверженных и осадочных породах.

Понятие о классах водной миграции позволило систематизировать геохимические обстановки практически во всех компонентах гидросферы, литосферы и биосферы, развить концепцию геохимического поля.

Особенно полезным для понимания роли и значения окислительно-восстановительных условий в миграции химических элементов оказалось разделение восстановительной обстановки на глеевую и сероводородную, что объясняло многие особенности миграции и концентрации элементов с переменной валентностью (U, Mo, Cu и др.) в гидроморфных условиях. Предложенный им коэффициент водной миграции, отражающий связь химических составов вод, почв и горных пород, остается одним из важнейших геохимических показателей, с помощью которого сравнивают миграцию распространенных и редких элементов, оценивают интенсивность миграции в земной коре большинства элементов Периодической системы.

Ландшафтно-геохимические системы

Вслед за Б.Б. Польшиным А.И. Перельман вместе с М.А. Глазовской внес основополагающий вклад в представления об элементарных и геохимических ландшафтах. Он сформировал понятие о геохимических сопряжениях – последовательностях почв и ландшафтов на элементах рельефа, которое сыграло важную роль в становлении и развитии миграционной катенарной парадигмы в геохимии ландшафтов. Совместно с Н.С. Касимовым им предложена одна из первых географо-геохимических систематик катен.

Учение о геохимических барьерах

Последовательно развивая концепцию геохимического поля, Александр Ильич обратил внимание на то, что химические элементы обычно концентрируются на границах контрастных геохимических полей в различных компонентах и подсистемах ландшафтов и биосферы в целом. Учение о геохимических барьерах – одно из важнейших его достижений, вошедшее в золотой фонд науки, оно успешно используется не только в геохимии ландшафта, но и в геохимии, гидрогеохимии, литологии, гидрогеологии, почвоведении и других науках. Установлена большая роль геохимических барьеров в формировании месторождений U, Cu, Mo и других полезных ископаемых.

Дальнейшим развитием учения о геохимических барьерах должен стать переход от накопления эмпирических данных о барьерах к экспериментальному и математическому моделированию процессов, протекающих на границах разнородных геохимических полей, что позволит научно обосновать создание искусственных геохимических барьеров, препятствующих загрязнению среды. В прикладном аспекте учение о геохимических барьерах и книга «Геохимические барьеры в зоне гипергенеза» (1999) служат сейчас одной из теоретических основ геохимических поисков рудных месторождений и экогеохимии ландшафтов. Например, показано, что формирующаяся в городских почвах система геохимических барьеров ведет к усилению контрастности техногенных аномалий.

Региональная геохимия и систематика ландшафтов, ландшафтно-геохимическое картографирование, включающие геохимическую классификацию ландшафтов и геохимическую характеристику ландшафтов основных природных зон и областей, – другое важное направление исследований А.И. Перельмана. Предложенная им геохимическая классификация ландшафтов стала – наряду с классификацией М.А. Глазовской – инструментом регионального ландшафтно-геохимического анализа и до настоящего времени широко используется в поисковой и экологической геохимии. Сам Александр Ильич, будучи неутомимым полевым исследователем, внес огромный вклад в познание геохимии ландшафтов Казахстана и Средней Азии, Забайкалья, Якутии, Бурятии, Сибири, Европейской России и других районов страны. Созданная им «Ландшафтно-геохимическая карта СССР» до сих пор не имеет аналогов.

Геохимия эпигенетических процессов. Историческая геохимия и палеогеохимия ландшафтов

Геохимическая история всегда была одним из основных предметов исследований Александра

Ильича. Начав с изучения геохимии солей и урана в неогеновых почвах Средней Азии, что было темой его докторской диссертации (1953), он создал стройную эпигенетическую концепцию, в рамках которой развил представления о гипергенной геохимической эволюции горных пород и водоносных горизонтов под влиянием изменяющихся факторов миграции веществ (климата, тектоники, водоносности и др.). В книге «Геохимия эпигенетических процессов» (1961, 1963, 1968) он обосновал основные геохимические типы и классы эпигенетических процессов, она переведена на английский язык и наряду с «Геохимией ландшафта» является одной из фундаментальных работ гипергенной геохимии. Концепция эпигенетических геохимических процессов имела важное прикладное значение для объяснения образования эпигенетических урановых месторождений.

Александр Ильич всегда использовал конкретные научные идеи для установления самых общих закономерностей геохимической эволюции, выделив основные этапы и стадии развития биосферы и ландшафтов в истории Земли. Им развиты представления о палеогеохимии ландшафтов в разные периоды геологической истории, выделены основные типы геохимической эволюции ландшафтов рудных провинций России и сопредельных государств, разработаны методы создания палеогеохимических ландшафтных карт. Во всех своих работах он последовательно применял принцип историзма.

Геохимия элементов в зоне гипергенеза

Важное место в трудах Александра Ильича принадлежит геохимии отдельных химических элементов в ландшафтах и зоне гипергенеза в целом. Он предложил оригинальную геохимическую классификацию элементов по характеристикам их поведения в ландшафтах, основанную на особенностях миграции и концентрации элементов в различных геохимических обстановках. У него были «любимые» элементы, прежде всего уран, которым он занимался всю научную жизнь, став одним из ведущих в стране специалистов по гипергенной геохимии урана. Он детально изучил и объяснил поведение этого элемента в земной коре и зоне гипергенеза, особенности его миграции и концентрации в зависимости от характера эпигенетических процессов, присутствия геохимических барьеров, а в верхних этажах зоны гипергенеза – от геохимических особенностей ландшафта. По результатам этих исследований в 1962 г. опубликована «Геохимия урана в зоне гипергенеза» – первая монография на эту тему, написанная А.И. Перельманом вместе с Л.С. Евсеевой и переизданная в 1974 г. в расширенном и переработанном

виде в соавторстве с Л.С. Евсеевой и К.Е. Ивановым. Много внимания уделял А.И. Перельман вопросам экзогенного рудообразования урана на геохимических барьерах. Под его редакцией и при участии группой ведущих специалистов геологов, гидрогеологов и геохимиков в 1965 г. опубликована монография «Экзогенные эпигенетические месторождения урана», а в 1980 г. – монография «Гидрогенные месторождения урана».

Много внимания он уделял изучению Mo, Cu, Cr, Br, Se, Sr, Fe, Mn, оценивая не только их поведение в ландшафтах, но и значение при поисках полезных ископаемых, для сельского хозяйства, медицины и др. В 1972 г. вышла в свет монография «Геохимия элементов в зоне гипергенеза» (1972), в которой рассмотрено поведение в ландшафтах и корях выветривания первых 28 химических элементов Периодической системы, эта книга широко используется специалистами и в настоящее время.

Поисковая геохимия

Все научное творчество Александра Ильича было тесно связано с практикой. Еще в начале 1950-х гг. он стал внедрять теорию и методы геохимии ландшафта и геохимии эпигенетических процессов в поисковую геохимию. В 1956 г. на основе карты геохимических ландшафтов им вместе с Ю.В. Шарковым составлена «Карта районирования территории СССР по условиям ведения геохимических поисков рудных месторождений», которая нашла широкое применение в практике поисковых работ. Особенно важное значение при поисках приобрели его учение о геохимических барьерах, на основе которого проводится оценка геохимических аномалий, а также методика ландшафтно-геохимического картографирования, используемая для дифференциации методов поисков в зависимости от ландшафтной обстановки. Со временем Александр Ильич стал одним из самых цитируемых авторов в области поисковой геохимии, а геохимия ландшафта – одной из теоретических основ геохимических поисков рудных месторождений. Работы по поисковой геохимии проводились в ИГЕМ РАН и на географическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова, где в 1966 г. А.И. Перельманом была создана Мугоджарская экспедиция, в которой за 30 лет поработали десятки студентов и аспирантов. Итогом ландшафтно-геохимических исследований в Казахстане, проводимых в течение 20 лет под руководством Александра Ильича, стала известная всем специалистам в области поисковой геохимии монография «Геохимия ландшафтов рудных провинций» (1983).

Экогеохимия ландшафтов

Начиная с 1960-х гг. Александр Ильич обращается к проблемам геохимического качества и

загрязнения природной среды. Он выделил еще одно научное направление – геохимию культурного ландшафта, в котором особое внимание уделяется геохимическим аспектам санитарно-гигиенической и эколого-геохимической оценки ландшафта. В дальнейшем Александр Ильич – вслед за В.И. Вернадским и А.Е. Ферсманом – выделял как особый вид техногенную миграцию, предложил такие новые понятия, как технофильность элементов, полезные и вредные техногенные геохимические аномалии, техногенные (искусственные) геохимические барьеры, техногенные почвы, илы, коры выветривания, водоносные горизонты. Особенно полно проблемы геохимии техногенных ландшафтов изложены в его последних работах, посвященных геохимической систематике городов и городских ландшафтов, применению методов геохимии ландшафта при оценках экологического состояния территорий. Эта проблематика нашла отражение в последнем издании «Геохимии ландшафта» (совместно с Н.С. Касимовым), вышедшем в 1999 г. Наряду с работами М.А. Глазвской они послужили теоретической основой особого раздела геохимии ландшафта – геохимии техногенных ландшафтов или экогеохимии ландшафтов, которые стали одним из основных направлений исследований кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и лаборатории радиогеоэкологии ИГЕМ РАН.

Радиогеоэкология

После чернобыльской аварии остро стал вопрос о защите окружающей среды от радиационного загрязнения, и Александр Ильич активно включился в изучение искусственных радионуклидов в ландшафтах – проводились полевые исследования поведения радионуклидов в чернобыльской зоне и вокруг предприятий атомной промышленности, природных геохимических барьеров и возможности создания искусственных барьеров. В ИГЕМ РАН была составлена «Карта ландшафтно-геохимических условий миграции радионуклидов и размещения источников радиоактивного загрязнения России».

В настоящее время эти работы продолжают на Кольском полуострове, севере Западной Сибири, Новой Земле и в Карском море на основе представлений о локальных и региональных каскадных (бассейновых) ландшафтно-геохимических системах.

Развитие геохимического образования, популяризация науки, научные биографии

Научное творчество Александра Ильича отличало стремление в ясной и доступной форме изложить основные идеи науки для студентов и не-

специалистов в области геохимии. Именно поэтому, читая более 40 лет курс геохимии ландшафта в МГУ и будучи университетским профессором, он изложил свои основные идеи о геохимии и геохимии ландшафта в виде учебников и учебных пособий, прежде всего в «Геохимии ландшафта», которая вышла (считая монографию 1955 г.) 5-ю изданиями и стала классическим университетским учебником. В этих книгах в расширенном виде приведены все основные фундаментальные положения геохимии ландшафта.

Для геологических специальностей А.И. Перельман издал учебник «Геохимия» (1979, 1989), который написан в духе идей В.И. Вернадского, в этой книге основное внимание уделено видам миграции элементов, в том числе биогенной миграции и биокосным системам, что, как правило, не свойственно другим учебникам по геохимии.

Александр Ильич был замечательным популяризатором геохимии. Ему принадлежат увлекательные книги «Атомы в природе», «Геохимия биосферы», «Геохимия природных вод», «Биокосные системы Земли», раскрывающие процессы миграции и концентрации химических элементов в биосфере и ландшафтах, значение жизни для геохимических процессов на Земле, разъясняющие и развивающие идеи Вернадского.

И, наконец, Александр Ильич всегда отдавал должное своим учителям и предшественникам, создав научные биографии выдающихся геохимиков – В.И. Вернадского, А.Е. Ферсмана, А.А. Саукова, Б.Б. Польшова (последняя написана совместно с М.А. Глазовской и Е.И. Парфеновой), в которых ярко проявился его талант как историка науки.

Учитель и человек

Александр Ильич был неутомимым полевым исследователем. Его экспедиционные работы охватывали почти все ландшафтные зоны страны. Работая в тесном контакте с научными и производственными организациями почти всех республик бывшего СССР, А.И. Перельман развивал и совершенствовал теорию геохимии ландшафта. Одновременно идеи и методы геохимии ландшафта он внедрял в практику геохимических поисков месторождений полезных ископаемых и охраны окружающей среды от техногенного загрязнения. Александр Ильич читал множество лекций, проводил семинары, давал многочасовые консультации, заключал договоры о научном сотрудничестве. Под его руководством и при его участии разработано 10 способов внедрения методов геохимии ландшафта в практику народного хозяйства, на 6 из них получены авторские свидетельства. Ода-

ренность и научная интуиция сочетались в нем с большой работоспособностью и наблюдательностью. Он придавал большое значение накоплению фактического материала, умело обобщал факты, его работы всегда насыщены конкретными примерами.

Владея даром ясного изложения научных идей, Александр Ильич умел увлечь ими слушателей, сделать единомышленниками людей разных профессий. Школа геохимии ландшафта А.И. Перельмана объединяла геологов, гидрогеологов, геохимиков, географов, почвоведов, геоботаников, биогеохимиков, экологов. Им подготовлены десятки кандидатов наук и несколько докторов наук. Его отличала не только широта научных интересов и идей, он всегда знал и увлекательно рассказывал об истории и культуре народов тех районов, где проходили экспедиционные маршруты. А глубокое знание художественной литературы и особенно отечественной поэзии делало его всегда желанным и увлекательным собеседником.

Плодотворная научная деятельность А.И. Перельмана отмечена Государственной премией СССР в области науки и техники, Премией Правительства Российской Федерации, золотыми медалями Ф.П. Литке, Русского географического общества и ВДНХ. За участие в Великой Отечественной войне А.И. Перельман награжден орденом Отечественной войны 2-й степени, медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне», «За трудовую доблесть» и юбилейными медалями.

А.И. Перельман вел большую общественную работу. Он был членом ученых советов ИГЕМ, ИМГРЭ, ВСЕГИНГЕО, Бюро секции РАЕН, председателем Комиссии геохимии ландшафта при Межведомственном совете по проблеме «Научные основы геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых», членом Научного совета при Академии наук СССР по проблеме «Научные основы преобразования природных ландшафтов», членом редакционных советов в издательствах «Недра» и «Высшая школа», почетным членом Русского географического общества, заслуженным Соросовским профессором.

А.И. Перельман – выдающийся отечественный геохимик

Оглядываясь сейчас на творчество А.И. Перельмана, которое в основном пришлось на вторую половину XX в., хорошо видно то выдающееся место, которое оно занимает в науках о Земле. Александр Ильич выполнил много конкретных геохимических исследований, ввел новые геохимические понятия и показатели, был одним из основателей

новой науки – геохимии ландшафта, академической и университетской Ландшафтно-геохимической научной школы, которая активно развивается. Но главное, что отличает творчество Александра Ильича, – его творческий дух, который во многом способствовал вовлечению и развитию идей В.И. Вернадского в науки о Земле, в ряд научных

направлений: гидрогеохимию, геохимию почв, кор выветривания и континентальных отложений, литологию, биогеохимию, общее почвоведение и географию почв, учение о полезных ископаемых. Есть все основания считать, что его имя стоит в одном ряду с выдающимися геохимиками нашего времени.

*Н.С. Касимов, Е.Н. Борисенко,
В.И. Величкин*