

АКАДЕМИЯ НАУК СССР



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров,
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Купцов,
Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,
З. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,
Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (заместитель председателя),
И. А. Федосеев (заместитель председателя),
Н. А. Фигуровский (заместитель председателя),
А. П. Юшкевич, А. Л. Яншин (председатель), М. Г. Ярошевский*

**Л. К. Овчинникова,
В. М. Швец**

**Александр Михайлович
ОВЧИННИКОВ**

1904—1969

**Ответственный редактор
доктор геолого-минералогических наук
А. И. ПЕРЕЛЬМАН**



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1985

УДК 556.3

О 35

ББК 26.326

Овчинникова Л. К., Швец В. М. Александр Михайлович Овчинников. 1904—1969. М.: Наука, 1985.

Книга посвящена крупному советскому ученому-гидрогеологу, доктору геолого-минералогических наук, профессору, заслуженному деятелю науки Кабардино-Балкарской АССР Александру Михайловичу Овчинникову. Авторы книги по личным воспоминаниям, архивным материалам и опубликованным работам воссоздали яркий образ ученого, дали анализ его трудов и показали обширную научную, общественную и педагогическую деятельность.

Рецензенты:

Л. Н. БАРАБАНОВ, И. К. ГАВИЧ, С. Л. ШВАРЦЕВ,
П. Ф. ШВЕЦОВ

От редактора

Один из виднейших гидрогеологов нашей страны — Александр Михайлович Овчинников в своей деятельности успешно и талантливо соединил то, что удается далеко не многим даже крупным ученым. Вслед за академиком В. И. Вернадским он строил здание новой науки — гидрогеохимии. Его учение о водонапорных системах земной коры, о месторождениях минеральных вод, труды в области палеогидрогеологии, радиогидрогеологии, ядерной гидрогеологии были новаторскими, заложили основы целых научных направлений или сыграли решающую роль в их развитии. Читая прекрасно написанные классические книги — «Минеральные воды» (1947, 1963), «Общая гидрогеология» (1949, 1955), «Гидрогеохимия» (1970) и другие, видишь и огромную эрудицию автора, и творческую индивидуальность и блеск изложения. В деятельности А. М. Овчинникова нашли отражение лучшие черты советской геологической и гидрогеологической школы. Ученый теоретик, он не был кабинетным исследователем. Это был ученый натуралист широкого профиля, знаток многих разделов геологии, которые удачно использовал для решения гидрогеологических проблем. Его научные обобщения основаны на материалах личных экспедиционных исследований на Кавказе, в Иране, Карпатах и других регионах. Они были связаны с решением важных практических задач.

Как ученый А. М. Овчинников сделал много и заслуженно может быть отнесен к числу создателей гидрогеологии в нашей стране.

Александр Михайлович также был выдающимся педагогом и организатором высшей школы, большая часть его жизни (1930—1969) связана с Московским геологоразведочным институтом им. С. Орджоникидзе, где он заведовал кафедрой гидрогеологии и радиогидрогеологии, ряд лет был деканом гидрогеологического факультета. Александр Михайлович любил педагогическую работу, был внимателен и отзывчив, много давал ученикам. И неудивительно, что он создал прекрасную научную школу гидрогеологов и воспитал плеяду высококвалифици-

цированных специалистов, работающих в Советском Союзе и за рубежом; многие из них защитили кандидатские и докторские диссертации, стали крупными учеными и развивают идеи своего учителя, к ним принадлежат: член-корреспондент АН СССР П. Ф. Швецов, член-корреспондент АН УССР А. Е. Бабинец], член-корреспондент АН ТССР Я. А. Ходжакулиев; доктора геолого-минералогических наук А. Г. Аскеров, К. Ф. Богородицкий, Г. И. Буачидзе, И. К. Гавич, Г. А. Голева, А. И. Германов, В. Н. Корценштейн, В. В. Красинцева, С. Р. Крайнов, А. В. Кудельский, А. К. Лисицин, И. Я. Пантелеев, Е. В. Пиннекер, Г. Н. Плотникова, Н. В. Роговская, А. Н. Токарев, С. Л. Шварцев, В. М. Швец (один из авторов данной книги). Это лишь некоторые представители школы Овчинникова, и притом прямые ученики. Без преувеличения можно сказать, что несколько поколений студентов и молодых специалистов знакомилась с основами гидрогеологии по учебникам и учебным пособиям А. М. Овчинникова.

Книга, которая лежит перед читателем, написана двумя авторами — женой, другом и ученицей Александра Михайловича, гидрогеологом, кандидатом геолого-минералогических наук Людмилой Константиновной Овчинниковой и его учеником, преемником в заведовании кафедрой гидрогеологии и радиогидрогеологии МГРИ, доктором геолого-минералогических наук, профессором Владимиром Михайловичем Швецом.

Жизнь и творчество Александра Михайловича Овчинникова были связаны с этапом становления и бурного развития гидрогеологии в нашей стране. Авторы знакомят читателя с этим этапом и с той важной ролью, которую сыграл в нем Московский геологоразведочный институт им. С. Орджоникидзе, где А. М. Овчинников руководил кафедрой гидрогеологии и радиогидрогеологии.

Со страниц книги встает яркая личность талантливого ученого и педагога, прекрасного человека, патриота своей родины.

А. И. Перельман

От авторов

Эта книга — о жизни, научной, педагогической и общественной деятельности известного ученого-гидрогеолога Александра Михайловича Овчинникова, внесшего крупный вклад в развитие советской гидрогеологии. Вся его творческая жизнь в течение 40 лет тесно связана с Московским геологоразведочным институтом им. С. Орджоникидзе (МГРИ), где он совместно со своими учителями и соратниками, крупнейшими учеными — специалистами в области гидрогеологии и инженерной геологии академиком Ф. П. Саваренским, членом-корреспондентом АН СССР Г. Н. Каменским, членом-корреспондентом АН СССР В. А. Приклонским и другими, создал гидрогеологическую школу МГРИ.

А. М. Овчинников являлся не только прекрасным педагогом, подготовившим для нашей страны много сотен специалистов гидрогеологов, из которых многие защитили кандидатские и докторские диссертации, но и крупным ученым. Его работы отличаются глубиной и научным предвидением, они имеют большое значение для развития общегидрогеологических проблем. Он — один из основоположников гидрогеохимии и радиогидрогеологии. А. М. Овчинников также приложил много сил для становления палеогидрогеологии и изотопной гидрогеологии. Идеи ученого оригинальны и часто стоят впереди современных рубежей гидрогеологической науки.

Педагогическая и научная деятельность А. М. Овчинникова всегда сочеталась с полевой работой и личным участием во многих экспедициях. Он ставил перед гидрогеологической наукой новые задачи, всегда связанные с практическим использованием подземных вод для народнохозяйственных нужд и курортного строительства.

Особое место среди многочисленных аспектов научной деятельности ученого занимают вопросы формирования минеральных и термальных вод. В этом направлении им даны классические разработки, широко использующиеся в нашей стране и за рубежом.

Важное научное значение имели его работы о зональности минеральных вод Кавказа. Они позволили наме-

гить ряд перспективных районов, и проведенные поиски увенчались открытием новых месторождений минеральных вод. Хорошим примером решения практических задач на основе широкого гидрогеологического подхода является обнаружение мощной водопапорной системы в районе Нальчика, где на базе месторождения термальных вод был создан бальнеологический курорт.

Большой вклад внес А. М. Овчинников в теорию и методику гидрогеохимических поисков полезных ископаемых. Развивая плодотворные идеи академика В. И. Вернадского, он много сделал для понимания генезиса гидротермальных месторождений как древних очагов разгрузки термальных вод.

Научные заслуги А. М. Овчинникова нашли достойное признание как в нашей стране, так и за рубежом. Он награжден орденом Трудового Красного Знамени, ему присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки Кабардино-Балкарской АССР. Александр Михайлович был избран членом-корреспондентом Итальянской ассоциации гидротермальной техники, почетным членом Чехословацкого общества минералогии и геологии при Чехословацкой академии наук, почетным членом Венгерского гидрологического общества, награжден серебряной медалью в связи с 200-летием Фрейбергской горной академии ГДР. Перу А. М. Овчинникова принадлежит более 200 научных трудов. Некоторые из них переведены на французский, немецкий, болгарский, румынский, словацкий, вьетнамский и китайский языки.

В основу книги положены труды А. М. Овчинникова, его домашний архив — дневники, переписка с коллегами, воспоминания о нем товарищей и учеников. Александр Михайлович оставил богатое научное наследство, которое еще долго будет изучаться и развиваться его учениками и последователями.

Авторы благодарят члена-корреспондента АН СССР П. Ф. Швецова, профессоров И. К. Гавич, А. И. Перельмана, С. Л. Шварцева, кандидатов геолого-минералогических наук Л. Н. Барабанова, В. Б. Адилова, ознакомившихся с рукописью и сделавших ценные замечания для улучшения этой книги.

Детские и юношеские годы

Александр Михайлович Овчинников родился 26 июня 1904 г. в г. Великий Устюг Вологодской области. Его отец, Михаил Васильевич Овчинников (1869—1938) окончил юридический факультет Казанского университета. Мать, Надежда Александровна Овчинникова, урожденная Домантович (1881—1960), посвятила себя воспитанию детей. Она была образованной женщиной, хорошо знала литературу и искусство, стремилась привить любовь к ним и своим детям. У Александра были три брата: Борис (1903—1970), Василий (1906—1928) и Игорь (1912—1981).

Когда Александру исполнилось 6 лет, семья Овчинниковых переехала во Владикавказ (ныне Орджоникидзе), где прошли его отроческие и юношеские годы. Переезд семьи из древнего северного города на Кавказ сыграл большую роль в дальнейшей жизни будущего ученого. Исполинские цепи Кавказских гор покорили воображение мальчика и воспитали в нем чувство красоты и любви к природе.

Отец Александра поощрял стремление детей к непосредственной, живой связи с природой. В свободное от работы время он совершал с сыновьями длительные экскурсии в горы. Неизгладимое впечатление на Александра произвело посещение «Долины Нарзанов», где из трещин кристаллических сланцев в виде группы мелких грифонов выбивалась углекислая минеральная вода, отлагая на поверхности железистые и известковые натечки.

Детское увлечение геологией, которое сперва проявилось в виде сбора коллекций камней, сменилось затем серьезным интересом к науке, чтением научно-популярной литературы по геологии и происхождению Земли. С самых юных лет наметилась склонность Александра к познанию тайн природы, разгадке которых он посвятил всю свою дальнейшую жизнь.

Но его интересы не ограничивались только природой. Он очень любил искусство во всех его формах. Особенно близки его душе были живопись и поэзия. Страсть к живописи осталась у него до конца жизни. Интересны

его альбомы зарисовок (с натуры) пейзажей и дружеских шаржей современников. Сохранились и его стихотворения. Богато одаренный, он был знатоком и чутким ценителем музыки, не пропускал новой театральной постановки или концерта.

Среднее образование Александр получил во Владикавказской мужской гимназии. С первого класса он хорошо учился по всем предметам, получал похвальные грамоты.

Юношеские годы Александра совпали с годами гражданской войны. С 1918 г. обширная область вокруг Владикавказа стала ареной ожесточенной борьбы. В гимназию учащимся часто приходилось пробираться дворами из-за перестрелок, происходивших на улицах города. Часто занятия в гимназии отменялись.

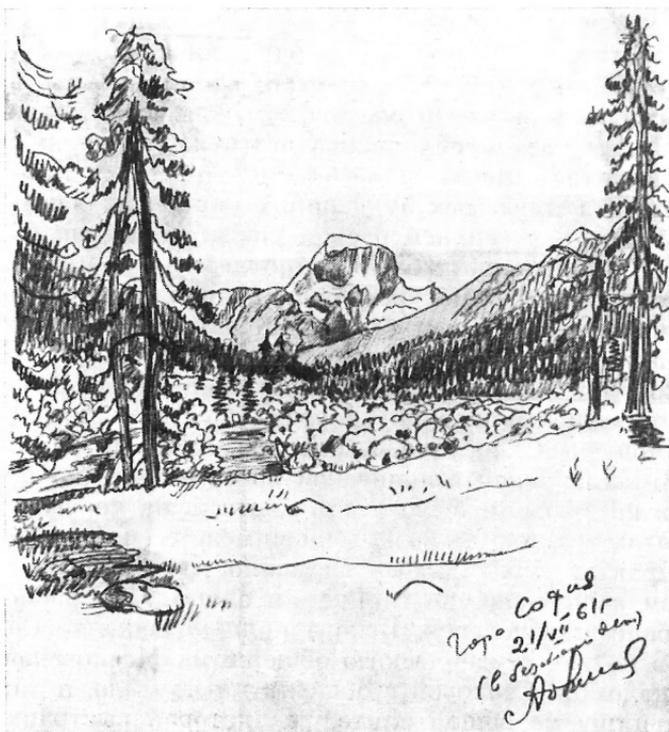
Окончательно упрочилась Советская власть на Северном Кавказе лишь в 1920 г., когда Красная Армия под руководством С. М. Кирова и С. Орджоникидзе разгромила армию Деникина и другие белогвардейские банды. Жизнь стала постепенно налаживаться. Занятия в гимназии проходили уже более или менее нормально, гимназисты готовились к выпускным экзаменам.

Любовь к природе привела Александра к серьезному увлечению геологией, что и стало решающим фактором при выборе дальнейшего жизненного пути. Весть об открытии нового учебного заведения — Московской горной академии дошла до Владикавказа, и он твердо решил стать студентом этой академии. Заветная мечта осуществилась в 1921 г., после того как Александр окончил первый курс Владикавказского политехнического института и семья переехала в Москву.

Студент Московской горной академии

Уже в первые годы после Октябрьской социалистической революции, несмотря на сложное положение в стране, встал вопрос об организации в Москве нового горного вуза. По специальному указанию В. И. Ленина была создана комиссия по подготовке правительственного декрета об учреждении Московской горной академии (МГА). Торжественное открытие академии состоялось 12 февраля 1919 г.

При создании Горной академии предполагалось, что ее учебная секция будет вести трехгодичную подготовку



Северный Кавказ (гора София). Рис. А. М. Овчинникова, 1961 г.

только по специальным дисциплинам и что у поступающих в академию должны быть хорошие знания математики, физики, химии, механики и черчения. Однако необходимого количества таких студентов не оказалось и пришлось создать подготовительные курсы. В 1922 г. был организован рабочий факультет (рабфак) для общеобразовательной подготовки будущих студентов.

Первоначально в академии имелось три факультета — горнорудничный, геологоразведочный и металлургический. В справочнике для желающих поступить в академию, составленном тогдашним проректором академии В. А. Обручевым, было сказано, что абитуриент, если его влечет мир камней с их своеобразными красотами и кочевая жизнь в поисках геологических документов и полезных ископаемых, будет принят на геологоразведочный факультет. Александр Овчинников откликнулся на такой призыв и в 1921 г. поступил на первый курс геологоразведочного факультета.

Студентам приходилось учиться в сложных условиях. В стране царили разруха и голод, пайков, которые получали студенты, едва-едва хватало, чтобы кое-как просуществовать. Стипендии выдавались не всем студентам, поэтому им часто приходилось разгружать баржи с дровами в речном порту и вагоны на товарных станциях. В плохо отапливаемых аудиториях Горной академии студенты сидели в верхней одежде, каждый листок бумаги, каждая капля чернил были остро дефицитными. Однако молодежь, увлеченная революцией, проявила огромную тягу к знаниям, и она была настолько велика, что все трудности не отражались на занятиях.

Сложным был и студенческий быт. Предполагалось, что под общежитие будет передан шестизэтажный дом в Старомонетном переулке, принадлежавший до революции Марфо-Марьянской монашеской обители. Однако претендентов на этот дом было очень много, и на первых порах студентам-горнякам, возвращавшимся с производственных практик, приходилось временно размещаться в чертежном зале академии, причем в одном зале располагалось более ста человек. Вскоре пришло решение Совнаркома в пользу студенческого общежития Московской горной академии. Столовой в общежитии не было, и каждый варил пищу на общей плите, к которой выстраивалась большая очередь. Иной раз, в зимнее время, в трубах замерзала вода.

Большое влияние на моральный дух студентов оказывали частые приезды в академию Всесоюзного старосты М. И. Калинина, который был избран почетным студентом академии. Председатель ВЦИК, а затем Президиума Верховного Совета СССР Михаил Иванович Калинин был тесно связан с коллективом академии. Каждый его приезд оставлял глубокий след, каждое выступление было неопределимой политической школой для студентов. Выступая в 1922 г. на собрании по поводу трехлетия существования Московской горной академии, М. И. Калинин указал на решающее значение полезных ископаемых для социалистического строительства и призвал студентов к усвоению глубоких и прочных знаний по геологии и горному делу. В следующую годовщину образования МГА М. И. Калинин говорил о необходимости быстрого приближения науки к массе рабочих и крестьян. В 1925 г. на торжественном собрании студентов и преподавателей академии Михаил Иванович выдвинул положение о важности подготовки каждого выпускника академии к организаторской



Александр Овчинников (слева) с братьями Борисом и Василием в годы учения в гимназии. Владикавказ, 1914 г.

и руководящей деятельности. Для этого следовало накапливать организационный опыт, который может быть приобретен только при условии активного участия студентов в политической и общественной жизни страны. Несмотря на свою большую занятость, Михаил Иванович всегда находил время для встречи с молодежью. Студенты хорошо знали приемную М. И. Калинина на Моховой улице (ныне проспект Карла Маркса), где они встречали радужный прием участливого и авторитетного советчика.

Преподавание в МГА велось на новых началах, предпринимались поиски современных форм обучения. Вначале отказались от лекций, заменив их семинарскими занятиями (комплексно-групповой метод). Считалось, что этот метод облегчит усвоение преподаваемого материала и уг-

любят знания студентов. В дальнейшем убедились, что таким методом нельзя вести подготовку, и он был заменен «старым», лекционно-семинарским методом.

Изменилась и организация учебного процесса. Учебный год делился не на семестры, а на trimestры. Один был теоретическим, следующий за ним — практическим, затем опять шел теоретический и т. д. Учебные планы факультетов, распределение отдельных дисциплин по триместрам и количество учебных часов, отводимых на лекции и практические занятия, часто менялись. Неизменным оставался лишь большой удельный вес практических занятий. Студенты много времени проводили в лабораториях, выполняли курсовые работы, сдавали зачеты по практикумам, что и определило лицо Московской горной академии.

Огромная заслуга в создании МГА и привлечении к учебной работе крупных научных сил принадлежала первому ректору академии, виднейшему советскому ученому геологу-нефтянику, впоследствии академику И. М. Губкину. За короткий срок он сплотил лучшие силы профессорско-преподавательского состава, несмотря на то что часть старой профессуры с большой осторожностью относилась к новому учебному заведению. Большое преимущество МГА заключалось в том, что в числе руководителей и профессорско-преподавательского коллектива были представители наиболее сильных научных и педагогических школ. Возглавлявшие МГА профессора И. М. Губкин и В. А. Обручев — воспитанники Петербургского горного института, из которого вышли «отцы русской геологии» — А. П. Карпинский, И. В. Мухомов, Ф. Н. Чернышев. То же можно сказать об известных геологах московской школы — А. П. Павлове, А. Д. Архангельском, А. Н. Мазаровиче, Е. В. Милановском, Н. С. Шатском. Таким образом, для подготовки высококвалифицированных геологов и гидрогеологов в МГА имелись отличные условия.

Благодаря профессорско-преподавательскому составу Московская горная академия вскоре стала одним из наиболее передовых вузов страны. Блестящими были лекции А. Д. Архангельского и Н. С. Шатского (геология СССР), А. Н. Семихатова (подземные воды СССР), Ф. П. Саваренского (гидрогеология), В. А. Обручева (курс лекций по полевой геологии и рудным месторождениям), А. М. Терпигорева (разработка месторождений полезных ископаемых и механизация горных работ), А. Н. Маза-

ровича (историческая геология), Е. В. Милановского (структурная геология).

До Октябрьской социалистической революции гидрогеология как самостоятельная научная дисциплина не преподавалась, хотя гидрогеологические исследования проводились. В конце прошлого столетия основной их формой была гидрогеологическая съемка, когда попутно с геологической съемкой в процессе картирования изучались водопроявления (источники, колодцы, горные выработки, скважины). Постепенно эти работы переросли в специальные региональные гидрогеологические исследования, ставившие своей задачей изучение на отдельных территориях химического состава подземных вод, условий их залегания и возраста водовмещающих пород. Огромное значение в развитии учения о подземных водах имели работы выдающегося почвоведа В. В. Докучаева (1846—1903), создавшего школу русских почвоведов, минералогов и географов. Глубоко и плодотворно было влияние докучаевской школы на все области естествознания, в том числе и на гидрогеологию, в особенности на развитие идей о зональности подземных вод.

К первым широким обобщениям гидрогеологических материалов относятся работы С. Н. Никитина (1900), Н. Ф. Погребова (1902), И. В. Мушкетова (1903), которые дали представление о закономерностях распространения и зональности подземных вод, их составе, глубинах залегания и т. д. Следует также упомянуть замечательные работы академиков А. П. Павлова о деятельности подземных вод на Русской равнине и А. Д. Архангельского о роли диагенеза в преобразовании состава морских вод и о происхождении вод нефтяных месторождений, а также работы профессоров А. Н. Мазаровича и Е. В. Милановского в Поволжье, в результате которых было составлено первое методическое руководство по гидрогеологической съемке (1926).

Гидрогеология как самостоятельная дисциплина была введена в число обязательных предметов геологоразведочных факультетов лишь в первые годы Советской власти. С 1918 г. А. Н. Семихатов вел курс лекций по гидрогеологии в Московском сельхозинституте (ныне Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева), А. Д. Стопневич — в Ленинградском горном институте. С 1919 г. аналогичные лекции читались Ф. П. Саваренским в Саратовском университете, а с 1920 г. — О. К. Ланге в МГА.

Учитывая возросшие требования к гидрогеологии в связи с развитием народного хозяйства, внедрением новой техники добычи полезных ископаемых и использованием подземных вод как источников химического сырья и тепловой энергии, И. М. Губкин в 1920 г. создал в МГА гидрогеологическую кафедру. Она называлась гидрогеологическим институтом и включала два кабинета — подземных вод (руководитель профессор О. К. Ланге) и минеральных вод (руководитель профессор М. В. Сергеев). В организации гидрогеологической специальности в МГА большую роль сыграли выдающиеся ученые-гидрогеологи А. Н. Семихатов, В. С. Ильин, М. В. Сергеев, О. К. Ланге.

В соответствии с решениями XIV съезда ВКП(б) об индустриализации страны (1925) широко развернулись работы по изучению гидрогеологических условий районов промышленного строительства, создавались методики гидрогеологических исследований (А. Н. Мазарович, П. И. Бутов), классификации подземных вод (А. А. Козырев, Б. Л. Личков, Н. Н. Славянов и др.). Гидрогеологический материал обобщался в очерках по отдельным территориям Казахстана и Средней Азии (А. А. Козырев), Украины (В. И. Лучицкий, Б. Л. Личков), Европейской части СССР (В. С. Ильин, М. М. Пригоровский, А. Н. Семихатов и др.). Книга А. Н. Семихатова «Подземные воды СССР» (1925) стала первой сводкой по артезианским и глубоким водам Европейской части страны. Карта грунтовых вод Европейской части СССР, составленная В. С. Ильиным и отразившая идеи зональности В. В. Докучаева, получила дальнейшее развитие и конкретизацию в трудах Б. Л. Личкова, Ф. П. Саваренского, Г. Н. Каменского, А. Н. Семихатова, Н. И. Толстихина, О. К. Ланге и др.

Преподаватели МГА проводили гидрогеологические изыскания для строительства гидроэлектростанций на Волге, Днепре, Волхове и других реках, для проекта осушения Куро-Араксинской низменности, проектирования метрополитена в Москве, разработок месторождений района Курской магнитной аномалии и т. д.

Активное участие профессорско-преподавательского состава МГА в изысканиях для промышленного строительства благотворно сказалось и на подготовке специалистов-гидрогеологов. Позднее Ф. П. Саваренский в статье «Новые направления в гидрогеологии и инженерной геологии» (1937) писал, что эти науки «родились у

нас под звездой социалистического возрождения человечества и являются подлинными детьми Октября».

К 10-летию юбилею Московской горной академии (1929) И. М. Губкин на страницах газеты МГА, красноречиво называемой «Из недр шахт — к высотам знаний», вспоминал первые годы существования академии, когда одной из основных ее задач было обеспечение академии студентами из трудового народа. Концентрация высококвалифицированных педагогических кадров и приток студенчества из рабочих и крестьян, многие из которых не успели еще снять красноармейские шинели, создали прочную основу для успешного развития академии.

Первый выпуск горных инженеров-гидрогеологов состоялся в 1925—1926 гг. (Н. К. Игнатович, Н. С. Пчелин, В. В. Штильмарк, Н. Н. Луцкихин), второй — в 1927 г. (А. М. Овчинников, А. И. Силин-Бекчурин и др.). До 1930 г. Московской горной академией было выпущено около 50 инженеров-гидрогеологов, т. е. в среднем по пять специалистов в год. Выпускники МГА впоследствии заняли руководящие должности в различных производственных и научных организациях, некоторые стали известными учеными: Н. К. Игнатович, А. М. Овчинников, А. И. Силин-Бекчурин, М. Е. Альтовский и др.

Студенты МГА проходили производственные практики уже начиная с первого курса. Хорошо организованная летняя практика стала одним из важнейших элементов подготовки инженерных кадров. После первого курса студенты отправлялись сначала на геодезическую, затем на геологическую практики, во время которых знакомились с полевой работой геологов.

Первая студенческая практика Александра Овчинникова проходила на Северном Кавказе, в районе Кавказских минеральных вод (КМВ), где он принимал участие в геодезической и геологической съемках под руководством инженера Я. В. Лангвагена. В 1922 г. в составе группы студентов он работал саночником-откатчиком и забойщиком на Кольчугинском руднике треста «Сибуголь» Кузнецкого каменноугольного бассейна. Здесь студенты, исполняя обязанности горнорабочих, знакомились с особенностями подземных работ на горнопромышленных предприятиях. В 1923 г. Александр Овчинников принимал участие в гидрогеологических исследованиях Кубано-Черноморской области, выясняя условия питания грунтовых вод Закубанских плавней под руководством профессора М. М. Жукова.



Александр Овчинников (первый слева) в группе студентов Московской горной академии на рудничной практике в Кузбассе, 1922 г.

После третьего курса следовали практики, на которых студенты занимались сбором материалов для дипломных работ. Эти практики А. Овчинников вновь проходил в районе КМВ под руководством крупного специалиста по минеральным водам профессора А. Н. Огильви — директора Бальнеологического института в Пятигорске. Летом 1924 г. А. Овчинников вел геологическую съемку горы Машук близ Пятигорска и долин рек Березовки и Аликоновки в районе Кисловодска. В 1925 г. он составил полуверстную геологическую карту долины р. Ольховки и участвовал в буровых работах по выведению минеральной воды «Доломитный Нарзан» в Кисловодске. В 1926 г. при детальной съемке бассейна р. Березовки им впервые выявлена зона сброса. В этот же период совместно с академиком А. Д. Архангельским он производил геологические исследования по долинам рек Малки и Хасаута.

В августе 1927 г., находясь на студенческой преддипломной практике на Кавказских минеральных водах, Александр Овчинников посетил лекцию академика В. И. Вернадского «О новых задачах в химии жизни». В то время В. И. Вернадский проходил курс лечения в

Ессентукской клинике Бальнеологического института. Прекрасная природа, интересное геологическое строение и обилие минеральных источников района КМВ не оставили его в стороне от актуальной проблемы происхождения целебных вод. Уже в те годы В. И. Вернадский обратил внимание на исследование изотопов и на особую форму нахождения элементов в живом веществе. В своей лекции он подчеркнул необходимость изучения органических веществ в минеральных водах, так как они могут играть большую роль в создании лечебных свойств минеральных вод. В то время студент Овчинников еще не мог правильно оценить богатство идей, которыми была насыщена лекция. Позднее он чрезвычайно увлекся новыми идеями геохимии и, попав в сферу влияния выдающегося таланта В. И. Вернадского, до конца своей научной деятельности стремился развивать его учение.

В 1927 г. А. М. Овчинников окончил МГА по гидрогеологической специальности геологоразведочного факультета, получив квалификацию горного инженера. Геологическое изучение района КМВ и гидрогеологическое обследование многочисленных минеральных источников послужили материалом для дипломного проекта на тему «Доломитный Нарзан и условия его каптирования». Проект А. М. Овчинникова был признан выдающимся и послужил основанием для зачисления автора в качестве штатного аспиранта при Московской горной академии (1928) по курсу гидрогеологии. Наиболее интересной частью дипломной работы Александра Овчинникова было новое освещение тектоники района КМВ, основанное на детальной геологической съемке. Уже в студенческие годы он понимал, что без знаний геологии нельзя быть хорошим гидрогеологом, о чем он всегда говорил и впоследствии. Хорошая геологическая школа МГА выработала в нем специалиста с широким кругозором, умеющего правильно ставить и решать основные научные вопросы гидрогеологии.

Педагогическая работа в Московском геологоразведочном институте им. С. Орджоникидзе

Восстановленная после гражданской войны промышленность нашей страны в 1930—1940 гг. испытывала резкий разрыв между подготовкой инженеров высшими учеб-

пыми заведениями и потребностями в технических кадрах. Назрела необходимость реорганизации высшего образования применительно к новым условиям и задачам. В 1930 г. была осуществлена реформа высшей школы. Основное ее направление — создание новых и разукрупнение многофакультетных политехнических вузов и университетов, превращение их в самостоятельные институты с резко выраженной специализацией и сокращением сроков обучения студентов.

В апреле 1930 г. на базе Московской горной академии, ее факультетов и специальностей (с добавлением отдельных факультетов других вузов) было создано шесть самостоятельных институтов: горный, геологоразведочный, нефтяной, торфяной, стали, цветных металлов и золота. Московский геологоразведочный институт им. С. Орджоникидзе (МГРИ) организовался на базе геологоразведочного факультета МГА и геологического отделения МГУ. Во вновь созданном институте кафедру гидрогеологии возглавил Г. Н. Каменский.

С момента образования МГРИ началась педагогическая деятельность А. М. Овчинникова, продолжавшаяся непрерывно в течение 40 лет. Вначале он был ассистентом кафедр гидрогеологии и динамической геологии, а с 1939 г. — доцентом кафедры гидрогеологии; в 1943 г. утвержден в звании профессора, одновременно являясь деканом гидрогеологического факультета. В 1955 г. Г. Н. Каменский, переходя на работу в Лабораторию гидрогеологических проблем АН СССР, передал кафедру гидрогеологии Александру Михайловичу, с которым у него были большая дружба и взаимопонимание на протяжении всей жизни.

В начале 30-х годов деятельность кафедры гидрогеологии МГРИ была направлена на разработку теоретических основ динамики подземных вод, региональной гидрогеологии и учения о поисках и разведке месторождений подземных вод. В эти годы в связи с выполнением первого пятилетнего плана развития народного хозяйства СССР и необычайным ростом гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий возникла необходимость перейти от описательной гидрогеологии к науке, изучающей процессы формирования подземных вод, рассматриваемые в широком историческом аспекте вместе с другими геологическими процессами. В этом отношении огромную роль сыграла деятельность Г. Н. Каменского, который, создав основы динамики подземных вод, превратил гид-

рогеологию из описательной науки в точную, позволяющую количественно решать вопросы оценки скорости движения и ресурсов подземных вод.

Первое время главное внимание уделялось грунтовыми водам, но по мере развития исследований в области нефтяной геологии и бурения большого количества глубоких скважин получила развитие подземная гидравлика (В. Н. Щелкачев и др.). В настоящее время эти направления полностью сблизились и можно говорить о динамике водонапорных систем. Эту отрасль гидрогеологии уже нельзя представить себе без применения сложного математического аппарата, гидроинтеграторов и электронных вычислительных машин.

В соответствии с новыми требованиями возникла острая необходимость в создании учебника по гидрогеологии для студентов и практических работников. Будучи больным и не имея возможности переработать свой учебник «Гидрогеология», Ф. П. Саваренский предложил А. М. Овчинникову взять этот труд на себя, оставив за собой общее редактирование. Однако смерть Ф. П. Саваренского в 1946 г. не позволила осуществить совместную работу над учебником.

Следуя идеям В. В. Докучаева, В. И. Вернадского, Ф. П. Саваренского и развивая собственные идеи, А. М. Овчинников создал в 1949 г. новый учебник «Общая гидрогеология». В первом его разделе освещены вопросы метеорологии и климатологии, необходимые для решения гидрогеологических задач. Во втором разделе рассматриваются основы общей гидрогеологии — учение о формировании подземных вод. Сюда включены вопросы гидрогеологической оценки горных пород и геологических структур, физикохимии вод, характеристика важнейших типов природных подземных вод. В заключение



А. М. Овчинников, ассистент гидрогеологического отделения Московского геологоразведочного института им. С. Орджоникидзе

дается краткое описание методики гидрогеологических исследований и картирования. Второе издание учебника (1955) подверглось композиционной переработке в соответствии с изменениями программы курса общей гидрогеологии. Вопросы метеорологии и гидрогеологии по сравнению с первым изданием излагаются в более сокращенном виде; выделена глава об основных видах движения подземных вод и глава, посвященная истории развития гидрогеологии; значительно переработана и расширена глава «Методика гидрогеологических исследований». Учебник «Общая гидрология», где освещены основные вопросы гидрогеологии, не потерял актуальности до наших дней. Авторы последующих учебников по общей гидрогеологии (Г. В. Богомолов, И. А. Скабалланович, П. П. Климентов, М. В. Седенко и др.) придерживались идей и структуры этого труда.

Используя опыт многолетних гидрогеологических исследований на месторождениях минеральных вод и материалы своих лекций по курсу «Минеральные воды», А. М. Овчинников в 1947 г. создал оригинальный учебник «Минеральные воды». В этой работе он впервые изложил учение о месторождениях минеральных вод, описал условия формирования главнейших, наиболее ярко выраженных генетических типов и сформулировал требования, предъявляемые к их изучению и использованию с точки зрения курортно-санаторного дела. Во втором, значительно переработанном и дополненном издании книги (1963) особое внимание уделено вопросам гидрогеохимии и радиогидрогеологии; добавлены разделы об азотных термальных водах и показано значение изучения органических веществ в минеральных водах. В книге систематизирован материал по разведке минеральных вод в Советском Союзе и странах народной демократии. Много ценного для составления второго издания дали комплексные экспедиции МГРИ и АН СССР по изучению геологии и гидрогеологии районов Сочи-Магдеста, Кавказских минеральных вод и Восточных Карпат, в которых вместе с А. М. Овчинниковым принимал участие большой коллектив ученых-геологов: А. А. Богданов, В. В. Меннер, М. В. Муратов, Н. И. Николаев, В. Н. Павлинов и др. Эта книга нашла признание широкой геологической и гидрогеологической общественности и в 1965 г. была удостоена премии Московского общества испытателей природы (МОИП).

В 1945 г. на кафедре гидрогеологии МГРИ намети-

Вопросы радиогидрогеологии

1. Радиоактивность - способность атомов некоторых элементов самопроизвольно распадаться с образованием атомов новых элементов. Процесс радиоактивного распада протекает с постоянством, не зависящим от внешних условий. Впервые это явление обнаружил в 1896 г. французский физик Беккерель, наблюдая свечение экрана Кюри, помещенного в темноте, при воздействии на него свечения воды. Впервые это явление обнаружил в 1896 г. французский физик Беккерель, наблюдая свечение экрана Кюри, помещенного в темноте, при воздействии на него свечения воды. Впервые это явление обнаружил в 1896 г. французский физик Беккерель, наблюдая свечение экрана Кюри, помещенного в темноте, при воздействии на него свечения воды.

В природе все подземные воды обладают той или иной радиоактивностью и в этом отношении при соображении можно выделить три группы вод: вод с радиоактивностью $\lambda = 0,7 \frac{1}{г}$, вод с радиоактивностью $\lambda = 1,44 \frac{1}{г}$ и вод с радиоактивностью $\lambda = 0,7 \frac{1}{г}$.

На практике в гидрогеологии принято делить воды на три группы: вод с радиоактивностью $\lambda = 0,7 \frac{1}{г}$, вод с радиоактивностью $\lambda = 1,44 \frac{1}{г}$ и вод с радиоактивностью $\lambda = 0,7 \frac{1}{г}$.

акад. В. И. Вернадский.

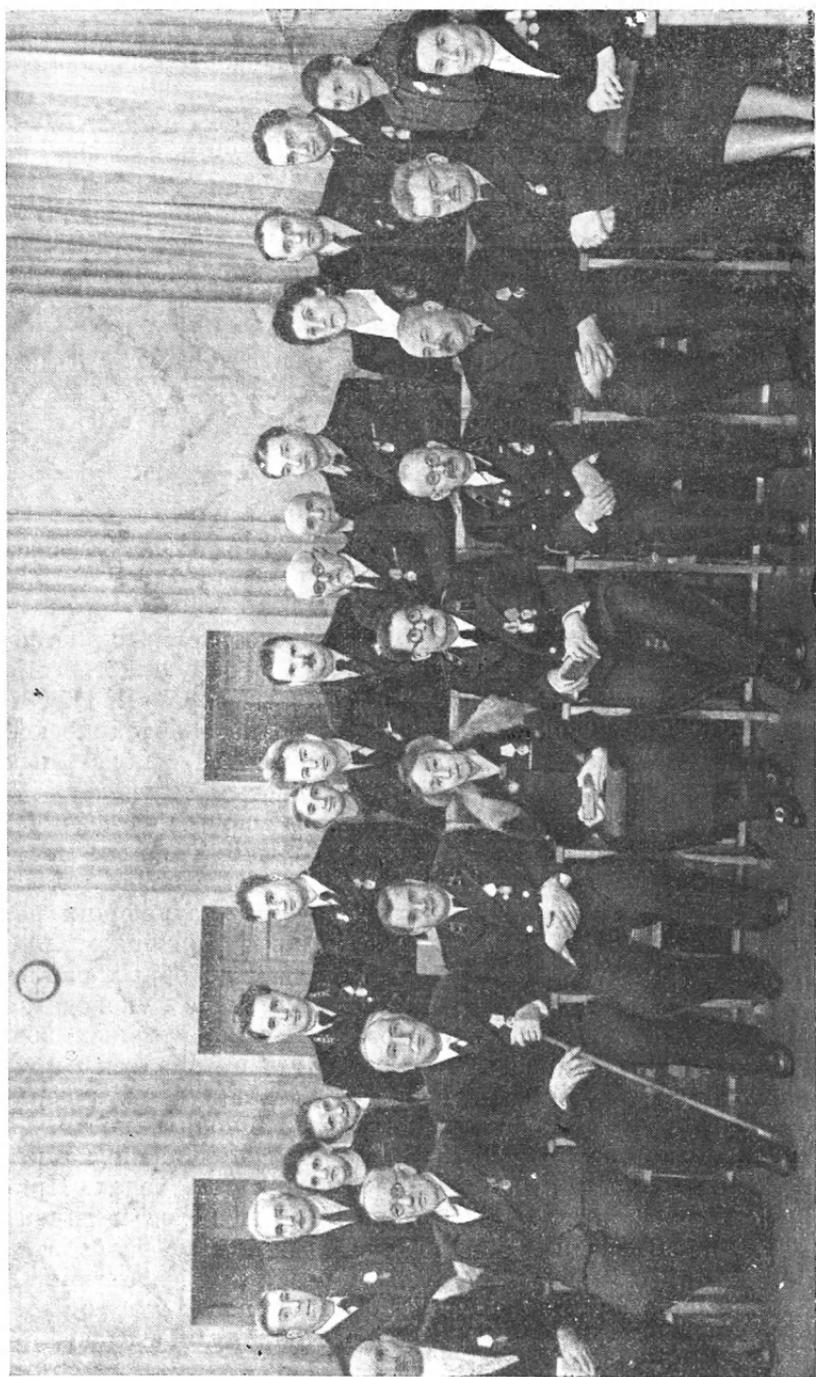
2. Принцип радиометрии по числу распадов радиоактивных веществ позволяет не только определять содержание радиоактивных веществ в воде, но и определять абсолютное время в прошлом. Этот метод применяется в гидрогеологии для определения возраста вод. Впервые этот метод предложил в 1905 г. французский физик Беккерель.

Шеринг, издатель изд-ва В. А. Саввина, опубликован в журнале "Известия Академии наук СССР".

Страница рукописи А. М. Овчинникова из работы по исследованию радиоактивности подземных вод

лось развитие новой, очень важной отрасли гидрогеологии — радиогидрогеологии. Уже в следующем году А. М. Овчинников в соавторстве с профессором В. И. Барановым издает первое в нашей стране «Методическое руководство по исследованию радиоактивности подземных вод». Это руководство, в котором гидрогеологическая сторона вопроса освещена А. М. Овчинниковым, а физическая — В. И. Барановым, явилось первым учебным пособием по радиогидрогеологии. Оно было полезно не только для гидрогеологов, но и для инженеров, изучающих радиоактивные воды, служащие важным критерием при поисках месторождений урановых руд и лечебных радиоактивных вод. В гидрогеологическом разделе руководства рассмотрены условия формирования радиоактивных вод, их химический и газовый состав, а также приведены примеры месторождений радиоактивных вод, их характеристики, режим и способы измерения радиоактивности.

Особо важные работы по радиогидрогеологии на кафедре гидрогеологии МГРИ начались в 60-х годах. Пришедшие на кафедру профессор Д. И. Щеголев и доцент И. С. Осмоловский уделили большое внимание разработке высокопроизводительного и экономически эффективного способа добычи урановых руд методом подземного выщелачивания. В связи с этим новым направлением кафедра



гидрогеологии с июня 1961 г. была переименована в кафедру гидрогеологии и радиогидрогеологии.

Изучение поведения радиоактивных элементов в подземных водах и соотношения между изотопами позволило А. М. Овчинникову совместно со специалистами кафедры ядерно-радиометрических методов поисков и разведки редких и радиоактивных металлов МГРИ (Л. В. Горбушина) и Всесоюзного научно-исследовательского института ядерной геофизики и геохимии (Ф. А. Алексеев и др.) начать разработку изотопных методов определения возраста подземных вод. Изучались изотопы водорода (протий, дейтерий, тритий), углерода (радиоуглерод), кислорода и др., которые помогают решать вопросы формирования подземных вод в течение геологической истории. Отвергая поговорку, что «вода — самая обыкновенная жидкость», А. М. Овчинников говорил, что «вода — самая необыкновенная жидкость» на Земле.

Определение возраста подземных вод входит в комплекс методов, которые используются в самом молодом разделе гидрогеологии — палеогидрогеологии. Александр Михайлович считал, что палеогидрогеология, изучающая древние водонапорные системы и условия миграции и концентрации полезных ископаемых (нефти, газа, рудных, нерудных, радиоактивных и других залежей), крайне важна для решения многих вопросов формирования подземных вод и месторождений полезных ископаемых.

Выдающийся вклад внес А. М. Овчинников в развитие нового научного направления гидрогеологии — гидрогеохимии, возникшей под влиянием идей В. И. Вернадского. Этому способствовало то, что ему пришлось много лет изучать геохимию минеральных вод, участвовать в разведке их месторождений и читать лекции по гидрогеохимии в МГРИ и Фрейбергской горной академии (ГДР). В монографии «Гидрогеохимия» [143], в основу которой легли лекции А. М. Овчинникова, рассматриваются гидрогеохимическая зональность водонапорных систем, усло-

После вручения правительственных наград профессорско-преподавательскому составу МГРИ 14 декабря 1951 г.

Сидят (слева направо): Д. Т. Лебедев, В. П. Антонов, Б. Л. Степанов, А. И. Кравцов, М. А. Болховитинова, А. И. Заборовский, Н. А. Смольянинов, Н. И. Спицын, М. С. Швецов, Е. А. Мудрецова; стоят (слева направо): К. И. Рубцов, В. Т. Тер-Оганезов, М. В. Громова, П. В. Митрофанова, В. Н. Павлинов, М. В. Муратов, М. В. Шипина, П. В. Калинин, Б. И. Воздвиженский, С. В. Шикин, П. В. Рожков, В. А. Приклонский, Т. М. Никулина, Е. В. Шанцер, А. М. Овчинников, Н. В. Литвинович

вия и факторы миграции химических элементов в подземных водах, процессы формирования химического состава. В ней изложены также основы методики гидрогеохимических поисков месторождений полезных ископаемых и составления гидрогеохимических карт. Большое внимание в работе уделено гидрогеохимической характеристике почти 20 химических элементов, наиболее важных для подземных вод месторождений полезных ископаемых.

Александр Михайлович читал лекции в МГРИ почти по всем основным гидрогеологическим курсам — общей гидрогеологии, гидрогеологии СССР, минеральным водам, радиогидрогеологии, гидрогеохимии. Работая на кафедре гидрогеологии и динамической геологии, он вел лекции и по геологическим дисциплинам — структурной геологии, геокартированию, геотектонике, геологии СССР, исторической геологии.

В годы Великой Отечественной войны

В годы Великой Отечественной войны (1941—1945) все усилия советских ученых были направлены на помощь фронту. Перед геологической наукой стояла огромная задача по мобилизации природных ресурсов нашей страны для скорейшего разгрома врага. Советское правительство приняло решение эвакуировать важнейшие научные учреждения и институты Москвы в восточные районы страны. В октябре 1941 г. МГРИ выехал в Семипалатинск. Однако эвакуироваться с институтом Александру Михайловичу не пришлось. В июле 1941 г. он со студентами и преподавателями МГРИ отбыл на Западный фронт для участия в инженерных работах. По возвращении в Москву А. М. Овчинников в сентябре 1941 г. был откомандирован в Иран. После выполнения задания он приехал в Ташкент, где наряду с основной работой упорно трудился над завершением начатой задолго до войны докторской диссертации — «Зональность минеральных вод Кавказа». Диссертация была успешно защищена 26 января 1942 г. на Научном совете Среднеазиатского государственного университета. В ней был обобщен огромный материал по месторождениям минеральных вод Кавказа.

При обработке и анализе материала по минеральным водам Кавказа А. М. Овчинников руководствовался следующими основными принципами: а) химический состав

вод отражает геологическую историю развития района; б) главные генетические типы минеральных вод образуют своеобразные динамические месторождения; в) рациональная гидрогеохимическая систематизация должна охватывать в единой схеме все подземные воды (пресные и минеральные) с учетом непрерывности перехода одних типов в другие, а также газоносность; г) все многообразие подземных вод объясняется процессами смешения, метаморфизации (местами концентрирования) и взаимодействия с горными породами (выщелачивание, растворение, обмен катионов) основных типов вод гидросферы — гидрокарбонатных вод суши и хлоридных морских вод; д) эволюция представления об «ископаемых» водах на основе гидрогеохимических данных позволяет значительно уточнить характеристику процессов формирования подземных вод. Гидрогеохимическая интерпретация аналитического материала по минеральным водам Кавказа базировалась на изучении как химического, так и газового состава вод.

Диссертация позволила по-новому подойти к поискам и разведке минеральных вод, определить реальные ресурсы минеральных вод Кавказа и дать методическую основу прогнозов в отношении оценки месторождений. Позднее ученый подготовил к печати монографию по минеральным водам Кавказа в трудах Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского АН СССР [21].

По возвращении в Москву в марте 1942 г. Александр Михайлович был зачислен на должность профессора геолого-почвенного факультета Московского университета, так как МГРИ еще находился в эвакуации. Но уже в мае 1942 г. ученый вновь выезжает в Иран. Находясь там в крайне тяжелых условиях, ученый заболел тропической малярией с осложнением туберкулезного процесса в легких. С сентября 1942 г. по январь 1943 г. он лечился в полевых госпиталях, после чего был признан пригодным лишь к нестроевой службе и откомандирован по месту постоянной работы.

В феврале 1943 г. А. М. Овчинников приехал в Москву. Вскоре сюда возвратился и его родной МГРИ. А. М. Овчинников становится профессором кафедры гидрогеологии МГРИ. Кроме чтения лекций, он активно включается в составление учебного пособия по курсу «Военная геология» для студентов геологических вузов, используя свой опыт специальных исследований [22].

Александр Михайлович написал для этого учебника главы по геологии, военно-дорожному делу, маскировке, военно-геологическому дешифрированию аэрофотоснимков. С возвращением в МГРИ перед ученым вновь открылось широкое поле научной деятельности.

Научная деятельность

Основные этапы

Корни научного творчества А. М. Овчинникова следует искать в тех идеях, которые связаны с трудами наших замечательных ученых-естествоиспытателей — В. В. Докучаева, В. И. Вернадского, А. Е. Ферсмана, Е. В. Милаповского, Н. С. Шатского, Ф. П. Саваренского, Г. Н. Каменского, А. Н. Семихатова, В. С. Ильина и др.

Научные труды А. М. Овчинникова посвящены широкому кругу гидрогеологических проблем и направлены на решение кардинальных вопросов гидрогеологии, ставших основой для развития таких новых отраслей, как учение о месторождениях минеральных вод, палеогидрогеология, гидрогеохимия, радиогидрогеология, изотопная (ядерная) гидрогеология. Велик вклад ученого в разработку учения о водонапорных системах земной коры и очагах разгрузки подземных вод. Плодотворны исследования его и в области гидротермальных процессов, с которыми связаны многие рудные месторождения. Много новых разработок выполнил А. М. Овчинников по гидрогеологическому районированию и картированию, по геотермическому изучению месторождений минеральных вод.

Научная деятельность А. М. Овчинникова охватывала широкий круг вопросов гидрогеологии, причем ученый всегда видел и практическую сторону своих исследований.

Научную деятельность Александр Михайлович начал на Кавказских минеральных водах (1924) еще будучи студентом Московской горной академии. Работая в Северо-Кавказском отделении Геологического комитета под руководством профессора А. Н. Огильви, он проводил геологические исследования на курортах Кисловодска и Пятигорска.

По окончании МГА, находясь в аспирантуре, А. М. Овчинников по инициативе Главного курортного управления НКЗ ССР Грузии совместно с Институтом подземных вод ГГРУ ВСНХ СССР (Ленинград) вел работы по изу-

чению гидроминеральных ресурсов Грузинской ССР. Здесь им были получены ценные научные результаты и увеличены в 3 раза эксплуатационные запасы боржомской минеральной воды.

В 1928 г. по предложению Народного комиссара здравоохранения СССР Н. А. Семашко Александр Михайлович командирован в Персию (Иран) в распоряжение Полпредства СССР для проведения геологической съемки центральной области хребта Эльбурс и обследования минеральных источников района вулкана Демавенд [1]. Экспедиции под руководством горного инженера В. В. Штильмарка удалось по-новому осветить геологическую структуру района Эльбурса и собрать ценные материалы о соотношении тектонических сооружений Кавказа и Закавказья с областью Копетдага, Туркмено-Хорасанских гор и Памиро-Алая. А. М. Овчинников рассмотрел вопросы гидрогеологии сложного и малоизученного района вулкана Демавенд и составил схему распространения углекислых вод Эльбурса.

После возвращения из Персии Александр Михайлович уже по линии Управления строительства «Волга — Дон — Азовское море» в 1929 г. принимал участие в проектировании строительства водной магистрали на трассе Волго-Донского канала в качестве заведующего гидрогеологическими работами на водораздельном участке.

На протяжении всей своей жизни А. М. Овчинников был тесно связан с Центральным институтом курортологии и физиотерапии (ЦНИИКиФ) Министерства здравоохранения СССР. Эта связь зародилась с момента создания в институте (1929) гидрогеологического отделения. Будучи заведующим этим отделением с 1933 по 1937 г., ученый принимал участие в экспедициях по обследованию минеральных источников Северной Осетии, Карачаевской автономной области, Армянской ССР и ряда других районов.

В 1936 г. после сбора и систематизации материалов по месторождениям минеральных вод под руководством Александра Михайловича была составлена гидрогеологическая карта районов минеральных вод СССР. В работе принимали участие В. В. Штильмарк, Н. С. Пчелин (по Европейской части СССР), В. В. Иванов, Л. А. Яроцкий (по Азиатской части СССР), А. М. Овчинников (по Кавказу). В основу составления этой карты был положен принцип выявления районов, в пределах которых развиты те или иные типы минеральных вод, что имело боль-

шное значение в деле правильного планирования и развития курортного строительства.

В 1937—1939 гг. в связи с развертыванием научно-исследовательских работ на курорте Сочи-Мацеста А. М. Овчинников назначается научным руководителем гидрогеологических работ комплексной экспедиции Института геологических наук АН СССР. В одну из задач экспедиции входило изучение геологии и гидрогеологии Сочи-Мацестинского района в целях решения проблемы формирования сероводородных (сульфидных) вод и их рационального использования в лечебных целях.

Двухлетняя работа геологов, гидрогеологов, гидрогеохимиков, микробиологов, радиологов в корне изменила взгляды на происхождение мацестинских сероводородных вод, и вместо локальных «коренных струй» было околонушено месторождение, занимающее большую площадь. В результате работ этой экспедиции выявлен Сочи-Мацестинский артезианский бассейн напорных минеральных вод, протягивающийся далеко к югу — в Абхазию и Мингрелию. При бурении скважин мацестинская минеральная вода была получена не только в долинах рек Мацесты и Агуры, но и в целом ряде новых участков, благоприятных для использования на курорте (Верхняя Мацеста, Бзугу, Кудепста и др.).

Хорошие результаты, полученные Сочи-Мацестинской экспедицией, побудили Геологический институт АН СССР, МГРИ и ВСЕГИНГЕО организовать в 1939 г. комплексную экспедицию на Кавказские минеральные воды (КМВ), работа которой была прервана Великой Отечественной войной. Позднее (1944—1945) Александр Михайлович в соавторстве с Н. П. Костенко и Л. К. Овчинниковой по поручению Комитета по делам геологии при СНК СССР обобщил геологические и гидрогеологические данные по этому району и составил карту-врезку в общую гидрогеологическую карту СССР и альбом карт масштаба 1 : 100 000 (геологическую, гидрогеологическую, карту минеральных и пресных источников с кровлей водоносных горизонтов, гидрогеологическую карту четвертичных отложений) с подробной объяснительной запиской. Позднее (в 1961 г.) за открытие нового участка углекислых гидрокарбонатно-хлоридных (соляно-щелочных) вод у с. Ново-Благодарного (район курорта Ессентуки) Александру Михайловичу приказом Министрства здравоохранения СССР была объявлена благодарность.

По заданию Министерства геологии СССР в 1946—1949 гг. была организована комплексная экспедиция МГРИ под руководством профессоров А. А. Богданова и М. В. Муратова в целях изучения геологии и гидрогеологии Восточных Карпат. Работа экспедиции проводилась силами большого коллектива профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов института; А. М. Овчинников принимал в ней активное участие в качестве научного руководителя гидрогеологической партии.

Неутомимая энергия Александра Михайловича позволила ему в результате четырехлетних гидрогеологических исследований выяснить общие закономерности распространения подземных вод Восточных Карпат и дать истинную оценку курортных ресурсов.

В 1951—1954 гг. в районе Нальчика (Кабардино-Балкарская АССР) работала специальная партия при управлении курорта Нальчик в составе Л. К. Овчинниковой (гидрогеолог), М. И. Балкарова (бальнеолог), Н. А. Василенко (гидрохимик) при консультации А. М. Овчинникова. Цель исследования — выяснение возможности получения термальной минеральной воды в данном районе. В результате работ была вскрыта горячая минеральная вода с большим дебитом, на базе которой вскоре возник новый бальнеологический курорт. Открытие Нальчикского артезианского бассейна — яркий пример решения практических задач на основе широкого гидрогеологического подхода к изучаемому району. За выдающиеся заслуги в области изучения и развития гидроминеральной базы республики Президиум Верховного Совета Кабардино-Балкарской АССР присвоил в 1957 г. А. М. Овчинникову звание заслуженного деятеля науки Кабардино-Балкарской АССР.

В 1960 г. по инициативе ученого в соавторстве с В. В. Ивановым и Л. А. Яроцким впервые составлена «Карта подземных минеральных вод СССР» в масштабе 1 : 7 500 000 с пояснительной запиской [91]. Карта преследовала цель показать закономерности распространения подземных минеральных вод на территории СССР и основные районы их формирования. При ее составлении были учтены схемы для отдельных районов СССР: схема провинций минеральных вод Северной Азии — Н. И. Толстихина (1936), схематическая карта гидрогеохимических полей минеральных вод Европейской части РСФСР — В. В. Штильмарка (1938), карта гидрохимических зон минеральных вод Кавказа — А. М. Овчинникова (1944),

схематическая карта природных минеральных вод СССР — А. И. Дзенс-Литовского, Н. И. Толстихина (1945), карта основных областей распространения углекислых, термальных и сероводородных вод СССР — В. В. Иванова, Л. А. Яроцкого (1955), схематическая гидрогеохимическая карта Сибири и Дальнего Востока СССР — И. К. Зайцева, М. С. Гуревича, Е. Е. Беляковой (1956) и др.

В 1961—1969 гг. Александр Михайлович был тесно связан с Узбекистаном, являясь научным руководителем Узбекской гидрогеохимической экспедиции МГРИ. Работа экспедиции имела комплексный характер и проводилась в тесном содружестве с трестом Узбекгидрогеология Министерства геологии Узбекской ССР. А. М. Овчинников (1961) предложил применить для поиска полезных ископаемых гидрогеохимический метод исследования. Его идея была горячо поддержана академиком Х. М. Абдуллаевым. Пропагандируя новые направления гидрогеологии, А. М. Овчинников рекомендовал при работе над составлением прогнозной гидрогеохимической карты, кроме гидрогеохимии и палеогидрогеологии, изучать изотопный состав вод, газы, микроэлементы, поровые растворы, а также использовать моделирование. Поровые растворы изучались в Гидроингео (Ташкент), возраст подземных вод и изотопов определялся в МГРИ и Институте ядерной геофизики и геохимии (ВНИИЯГГ, Москва). При построении палеогидрогеологических карт впервые был применен метод моделирования на счетном интеграторе МСМ-1 в лаборатории динамики подземных вод и моделирования МГРИ (И. К. Гавич, В. Ю. Ивашков и др.).

А. М. Овчинников проявлял большой интерес к развитию гидрогеологической науки в Сибири и на Дальнем Востоке. Он был организатором и руководителем двух научных совещаний в Томске — Межведомственного совещания по гидрогеохимическому методу поисков рудных месторождений (1960) и Межвузовской конференции по гидрогеохимическим и палеогидрогеологическим методам исследований в целях поисков месторождений полезных ископаемых (1965). Кроме основного научного доклада на тему «Гидрогеохимия и палеогидрогеология, их современное содержание», им был сделан доклад о профилях специалистов-гидрогеологов и о новых программах учебных курсов.

Александр Михайлович оказывал систематическую помощь работникам Томского политехнического институ-



А. М. Овчинников на межведомственном совещании по гидрогеохимическому методу поисков рудных месторождений, Томск, 1960 г.

та, которые совместно с научно-исследовательскими и производственными организациями Сибири разрабатывали теоретические и методические вопросы применения гидрогеохимического метода поисков рудных месторождений (томская школа гидрогеохимиков под руководством профессора П. А. Удодова). Он неоднократно выступал с докладами перед студентами геологоразведочного факультета Томского политехнического института, являлся научным редактором многих печатных работ института и оппонентом кандидатских и докторских диссертаций.

В связи с интенсивным развитием палеогидрогеологических исследований в 1966 г. при активном и непосредственном участии А. М. Овчинникова в Ашхабаде состоялась первая научная конференция по палеогидрогеологии. Конференция проводилась кафедрой гидрогеологии и нефтяной геологии Туркменского политехнического института (ТПИ) и Институтом геологии Управления геологии Совета Министров Туркменской ССР, при участии МГРИ и Московского института нефтехимической и газовой промышленности им. И. М. Губкина (МИНХиГП). Основное внимание на конференции было уделено вопросам палеогидрогеологии нефтегазоносных районов, рудных и соляных месторождений. Часть докладов была по-

священа палеогидрогеологии месторождений серы, парагенетически связанных с залежами нефти и газа. Конференция сыграла большую роль в становлении новой научной отрасли — палеогидрогеологии, которой ученый придавал большое значение.

Гидрогеологические исследования горных стран альпийской зоны складчатости

Гидрогеология горных стран альпийской зоны складчатости всегда привлекала внимание А. М. Овчинникова. Изучению подземных вод Кавказа, Карпато-Балканской дуги, Туркмено-Хорасанской системы посвящено большинство его научных работ. С точки зрения гидрогеологии важно выделение альпийской области как области наиболее интенсивной миграции подземных вод и сложных гидрогеохимических процессов, создающих большие отличия от условий формирования подземных вод в платформенных областях.

Ученый считал, что водообильность комплексов определяется литологическими особенностями, типом геологических структур и тектоникой каждого звена альпийской области. В зависимости от геотектонических, ландшафтных, климатических особенностей, различной высоты и ориентации хребтов и долин горные страны приобретают характерные индивидуальные отличия. А. М. Овчинников подчеркивал, что горные страны являются областями мощного накопления осадков, выклинивающихся в сторону платформ с образованием складчатых или моноклиналичных структур; они образуют так называемые артезианские склоны, где полого наклоненное крыло создает условия для питания подземных вод и создания напора, а другое крыло представляет собой как бы карман, в котором заключены напорные воды. В результате на контакте водоносного и водоупорного комплексов возникает зона разгрузки напорных вод, динамика которой целиком определяется поступлением вод из прилегающих участков равнинных областей и впадин. Отсюда ученый приходит к несколько парадоксальному положению, что горные страны — это не только области питания со стоком в сторону платформы, но и области разгрузки, в которых происходит подтягивание подземных вод из платформ в сторону горных складчатых областей.

Выделение зон разгрузки в пределах горных стран и по их окраинам, по мнению А. М. Овчинникова, являет-

ся одной из важнейших задач гидрогеологических исследований. В горных странах хорошо маркируются внутренние линейные зоны разгрузки по тектоническим линиям или по стратиграфическим контактам и по границам интрузий. Краевые зоны ясно выражены при наличии благоприятных тектонических условий. Так, грандиозная зона разлома, тянущаяся вдоль северного подножия хребта Копетдаг, с ее линией термальных источников, приурочена к системе надвигов и сбросов. В ряде горных стран наблюдаются поперечные и диагональные зоны разгрузки (например, Венская термальная линия). В горных хребтах района распространения многолетнемерзлых пород локализация очагов разгрузки вызывает появление гигантских наледей.

Закономерности формирования минеральных вод в альпийской области, по представлению А. М. Овчинникова, нашли свое яркое отражение в развитии трех основных генетических типов минеральных вод: а) углекислых, б) азотных и в) метановых.

Углекислые воды образуют ярко выраженные зоны в районах очагов третичного и четвертичного вулканизма, приуроченные к крупным антиклинориям, расположенным часто не по оси альпийской области, как это иногда полагают, а по ее периферии. Они заходят далеко в области варисцид (в сфере альпийских движений), резко нарушая обычные представления о границах альпийской области. *Азотные воды* приурочены к хорошо выраженным в рельефе массивам трещиноватых известняков и гранитов, что свидетельствует о глубоком аэрировании пород в связи с проникновением больших масс атмосферных вод в областях питания. Однако это проникновение не всегда обусловлено только современным промыванием геологических структур вследствие их поднятия, но и характеризует древние условия питания и разгрузки, когда происходило глубокое проникновение поверхностных вод. В альпийской зоне азотные термальные воды часто залегают ниже углекислых или метановых, более минерализованных вод. *Метановые воды* приурочены к полосе газовых и нефтяных месторождений и обычно занимают периферийные и гипсометрически пониженные части альпийской складчатой зоны, заключающие метаморфизованные воды морских бассейнов третичного возраста. Часто в эти воды вклиниваются языки подземных вод с воздушным азотом или углекислотой метаморфического происхождения. В интенсивно дисло-

цированных районах флишевых отложений появление соленых йодо-бромных вод свидетельствует о синклинальных сильно сжатых участках, в которых сохранились погребенные воды более молодых третичных отложений. Провинции высококонцентрированных сероводородных вод в зонах азотных и метановых вод развиты исключительно в районах нефтяных месторождений, и их закономерности определяются распространением нефтяных залежей, т. е. они могут сформироваться и далеко за пределами альпийской области.

Кавказская горно-складчатая система

Сравнительный анализ горных сооружений альпийской складчатости привел А. М. Овчинникова к заключению, что Кавказ представляет собой наиболее водообильную и сложную горную систему, благоприятную для развития разнообразных и ценных минеральных вод. Ни Альпы, ни Пиренеи не обладают столь многочисленными газовыми минеральными источниками. С этой точки зрения изучение минеральных вод Кавказа на фоне выявления общих геологических закономерностей имеет большое научно-теоретическое и практическое значение [35].

На основе систематизации и сопоставления данных по тектонике, газоносности и гидрогеологии Кавказа А. М. Овчинников выделил гидрогеохимические зоны, отражающие закономерности формирования и распространения главнейших генетических типов минеральных вод.

Границы зон А. М. Овчинников установил по совокупности факторов (геологических, гидрогеохимических и геоморфологических), которые не всюду совпадают с границами тектонических элементов. По его мнению, полноценный анализ месторождений возможен только на основе комплексного учета геологической структуры, геотермики, гидрохимии, газоносности, динамики и режима минеральной воды. В условиях сложных структур Кавказа он отмечал эксцентрическое наложение различных свойств. Например, не всегда наиболее глубоко залегающая вода — самая минерализованная. В зонах крупных тектонических разрывов наблюдается усиленное промывание и появление пресных родников. Минеральные же источники приурочены к боковым трещинам. Напор минеральных вод создается в областях питания, где распространены пресные воды. В местах разгрузки напорных

вод имеют место единые депрессионные воронки для пресных и минеральных вод. Последние подтягиваются в виде своеобразных «языков» из областей напора. Форма границы между минеральными и пресными водами («фронт») зависит от истории развития района, степени дренированности и от состояния эксплуатации подземных вод.

В Центральном (Большом) Кавказе наблюдается концентрическое расположение зон: в центре — зона углекислых вод, далее следуют зоны азотных вод, в составе которых при наличии битумов появляется сероводород, и, наконец, весь Большой Кавказ окаймлен поясом метановых вод, приуроченных к третичным отложениям. В Малом Кавказе соотношение между углекислыми и азотными термами более сложное. А. М. Овчинников выделил здесь единую зону, подразделенную на подзоны исходя из более детального анализа отдельных районов.

Между Большим и Малым Кавказом А. М. Овчинников отметил промежуточную зону порфиритовой юры, бедную минеральными водами.

1. *Зона углекислых вод Центрального Кавказа* представляет собой единое большое месторождение, охватывающее наиболее приподнятые участки Главного хребта и выступающий к северу массив района КМВ с проявлениями молодой интрузивной деятельности. Ученый допускает наличие общей сплошной зоны, насыщенной углекислотой, проявляющейся на глубоко дренированных участках главного и поперечного антиклинориев (вплоть до докембрийского фундамента).

По химическому типу углекислые воды имеют широкий диапазон, начиная от хлоридно-натриевых вод высокой общей минерализации (до 25 г/л в источниках Индыш и Юнгешли) до весьма слабо минерализованных (менее 1 г/л) гидрокарбонатно-кальциевых вод, собственных дренированным и промытым участкам. В районах древних поднятий, отмытых от хлоридов, где в титонское время произошло накопление гипса, появляются сульфатные или сульфатно-гидрокарбонатные воды (кисловодские нарзаны). Наложение третичных отложений с сохранившимся солевым комплексом морского типа на зону углекислых вод вызывает, по наблюдению А. М. Овчинникова, образование хлоридно-гидрокарбонатных вод эссендукского типа. При отсутствии доступа углекислых струй в газовом составе вод этого типа преобладает метан или азот.

Распределение источников обуславливается геоморфологическими факторами, водообильностью свит и типом геологических структур (а не просто ареальным расположением вокруг неогинтрузий). Путем проведения буровых работ в целом ряде долин, пересекающих зону, можно получить новые выходы минеральной воды, а на участках существующих источников значительно увеличить дебит. Например, в долине р. Терека на продолжении тектонических разрывов, идущих от горячих углекислых источников Карма-Дон, можно получить путем бурения аналогичные воды (у ст. Ларс). В районе Кисловодска намечается предел возможностей для использования нарзанов смешанного гидрокарбонатно-сульфатного типа, но разведочные работы к северу (в долине р. Подкумок) могут дать дополнительные выходы нарзана.

Наиболее ценные воды типа «Ессентуки» и «Боржоми» имеют значительно меньшие запасы, чем воды типа нарзанов Центрального Кавказа.

2. *Зона азотных гидрокарбонатных вод меловых флишевых отложений Северо-Западного Кавказа* вследствие литологического характера слагающих свит (чередование с определенной ритмичностью глинистых, мергельных и песчаных пород) не является водообильной. В этой зоне распространены гидрокарбонатно-натриевые слабосульфидные воды, газированные азотом и метаном. Эти воды лучше всего представлены в подзоне верхнемелового флиша на Черноморском побережье Кавказа, от Новороссийска до Сочи (источники Новороссийские, Геленджикский, Ольгинский и др.).

Наложение третичных бассейнов на зону флишевых пород обусловило появление минерализованных хлоридно-натриевых йодо-бромных вод «талассогенного» облика (морского). Чокракско-спирялисовыи слои северного склона и нижнемеловая сидеритовая толща осевой части флишевой зоны дают один и тот же тип соленых вод (Соленый Яр в Псекупском районе, Морозовский, Текоский и др.).

При наличии зон растяжения, выраженных диагональными и поперечными разрывами, создаются условия для образования азотно-метановых сульфидных слабоминерализованных терм, проявляющихся на низких гипсометрических отметках в толще «Горячего Ключа» (Псекупские термы). Соотношение восходящих термальных гидрокарбонатно-натриевых вод меловых флишевых от-

ложений и «засоленной» зоны, связанной с третичным комплексом, обусловило образование промежуточного типа хлоридно-гидрокарбонатно-натриевых вод (Псекупс, Семигорье). Эти воды в пределах флишевой зоны имеют большое бальнеологическое значение, и А. М. Овчинников полагал, что буровые работы в полосе Шкелюк-Цице и т. п. могут вывести новые количества термальных вод типа Псекупс. Хлоридно-натриевые йодо-бромистые воды высокой минерализации, по мнению ученого, являются показателями возможного наличия майкопских или более молодых битуминозных отложений, запечатанных среди сложной надвиговой структуры флишевой зоны. Это имеет значение с точки зрения поисков нефтяных месторождений. Появление углекислых струй в центре нефтяного района восточных площадей Майнефти свидетельствует о наличии глубоких разрывов, связывающих эти участки с зонами молодого метаморфизма.

3. *Зона азотных гидрокарбонатных вод юрских сланцевых отложений Юго-Восточного Кавказа* оказалась уже отмытой от морского солевого комплекса и неблагоприятной для развития минеральных вод, за исключением южной и юго-восточной частей. Гидрокарбонатно-натриевые (содовые) термы с азотом и повышенной гелиеносностью являются единственным типом в пределах зоны юрских сланцев.

Полоса термальных вод южного склона Главного Кавказского хребта протяженностью 350 км проявляется рядом крупных источников (в зонах разрывов вблизи контакта юрских сланцев и флишевых пород), начиная от Пшевелис-Абано на западе и кончая Халтанскими термами на востоке. Для юго-западной части зоны характерно повышенное содержание хлоридов, а в газе — метана. Здесь появляются своеобразные термальные хлоридно-гидрокарбонатные воды (Рычал-Су, Ахты и др.). Бурение показало, что с глубиной количество хлоридов в воде уменьшается и происходит переход в типичную для этой зоны гидрокарбонатно-натриевую воду.

4. *Зона сероводородных сульфатных вод мезозойских известняков Северного Кавказа* с заключенными в ней относительно водоупорными песчано-глинистыми отложениями (нижний мел) играет большую роль в гидрогеологии обширного района. Эта зона протягивается на Северном Кавказе более чем на 700 км при ширине 20—40 км. Гидрогеологическое значение этого комплекса в формировании Кавказских минеральных вод и в пита-

нии подземных вод нефтяных месторождений велико. Особенно ярко водообильность этого комплекса сказывается в полосе сероводородных сульфатных вод, приуроченной к закарстованным известнякам верхней юры (оз. Цёрик-Кель в Кабардино-Балкарской АССР и др.). По химическому составу эта вода сульфатно-кальциевая с общей минерализацией около 2 г/л и близка к пределу растворимости сульфата кальция при данных условиях.

Кроме водоносных горизонтов известняков верхней юры и нижнего мела, в вышележащих отложениях встречаются водоносные зоны в аптских песчаниках (под альбскими глинами), с которыми связаны хлоридно-гидрокарбонатные термальные воды (с. Абадзехи, с. Белореченская).

Верхнемеловой водоносный горизонт имеет большое значение в гидрогеологии северной части района КМВ, где он принимает участие в формировании известных минеральных источников, таких, как ессентукские, пятигорские, железноводские. Всюду с верхнемеловыми известняками в районе КМВ, а также Северной Осетии, Дагестана связаны выходы пресных гидрокарбонатно-кальциевых родников, используемых для водоснабжения. Там, где верхнемеловые известняки погружены под покров третичных отложений, особенно в Восточном Кавказе, всюду в них можно встретить хлоридно-натриевые воды с высоким содержанием сероводорода (Датых, Чишки, Талги).

5. *Зона сероводородных хлоридно-натриевых вод известняковых массивов абхазских фацций* является основным коллектором на Кавказе для вод мацестинского типа. Последний представляет собой относительно слабо метаморфизованные воды морского типа (почти бессульфатные), газлирующие азотом с метаном и сероводородом. Во всех выходах отмечается однотипная хлоридно-натриевая вода, разбавленная в той или иной пропорции пресными гидрокарбонатно-кальциевыми водами.

По условиям циркуляции мацестинские воды представляют собой пластово-трещинные воды, причем водообильные зоны связаны с тектоническими разрывами. Разгрузка вод происходит в местах периклинального погружения выступающих закарстованных известняковых массивов, где они окаймляются более водоупорными толщами.

Изучение распределения напоров в мацестинских водах указывает на отсутствие прямой взаимосвязи меж-

ду водоносным горизонтом и Черным морем. К югу от Мацесты известняковый массив прикрыт мощной толщей водоупорных третичных отложений, уходящих под уровень Черного моря. В Гагринском же известняковом массиве, частично срезанном морем, в силу большого напора пресных вод суши происходит интенсивное промывание известняков и появление пресных субмаринных источников. По мере подъема известнякового комплекса к юго-востоку, к порфиритовому массиву Окрибы и далее к Дзирульскому массиву, происходят некоторые фациальные изменения и отмывание его от хлоридно-натриевых вод. В результате на участках горловин молодой интрузивной деятельности, где известняки прикрыты мергелями, наблюдается разгрузка больших масс термальной воды Цхалтубо, газирующей азотом.

Промежуточная зона юрской порфиритовой толщи, несмотря на свое сложное положение между другими зонами и сравнительно слабую водообильность, заключает в себе ряд своеобразных минеральных вод, не встречающихся в других зонах. Более широко распространенным типом являются слабосульфидные термальные воды: Казачья щель—Аибга—Ткварчели. Они имеют минерализацию менее 1 г/л. По химическому составу наблюдается модификация от гидрокарбонатно-натриевых, через сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридные до почти хлоридно-натриевых вод. Особое место занимают мышьяковые воды Зуби, связанные с корой выветривания порфиритовой толщи (на контакте с пестроцветной толщей).

6. *Зона углекислых вод и терм Малого Кавказа* отличается от зоны углекислых вод Центрального Кавказа тем, что в ней, кроме углекислых вод, получили большое развитие азотные термы. Распространение тех и других контролируется ареалом около молодых эффузий, широко развитых в Малом Кавказе, и подчиняется определенным структурным и стратиграфическим закономерностям, особенно ярко выраженным в Аджаро-Триалетской системе. Углекислые гидрокарбонатные воды связаны с карбонатными флишевыми толщами верхнего мела и палеогена, азотные сульфатно-хлоридные термы приурочены исключительно к туфогенной толще эоцена.

Вышележащая толща глинистых и соленосных отложений верхнего эоцена, олигоцена, а частично и неогена обуславливает появление хлоридно-натриевых вод, местами богатых мышьяком, бором, литием и др. Подобные

воды проявляются как по трещинам коренных пород (Джульфа), так и под покровом четвертичных лав в виде сплошных минерализованных и насыщенных углекислотой потоков (Арзни). Целая серия углекислых вод Севано-Карабахской подзоны пробивается на поверхность через толщу туфогенных нагромождений. Особое внимание здесь привлекает участок сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатных терм (Исти-Су в Азербайджанской ССР и Исти-Су в верховьях р. Арпа-Чай в Армении — «Джермук»).

7. *Периферийный пояс метановых вод* охватывает весь Большой Кавказ общим протяжением более 2000 км, за исключением небольшого участка на Черноморском побережье. Этот перерыв (длиной 400—500 м) является кажущимся; метановые воды можно обнаружить здесь в ряде пунктов (Эвандриш, Падгу, Урта и др.). Кроме того, нельзя забывать о наложении геохимических условий третичных бассейнов на более древние комплексы. Тесная связь метановых вод с нефтяными месторождениями свидетельствует об их большом гидрогеохимическом значении.

Генезис грязевых сопок и вулканов, широко распространенных в этой зоне, А. М. Овчинников объясняет разгрузкой напорных артезианских вод при наличии глинистого материала, который приобретает плывучесть под влиянием гидродинамического давления. Для возникновения их необходимы благоприятные тектонические предпосылки (перетирание материала, создание водообильных зон, наличие областей питания вод и т. д.) и нефтегазовая деятельность. Метановые воды периферического пояса образуют единую гидродинамическую систему с нефтяными залежами, и эксплуатация последних сразу сказывается на пьезометрическом уровне вод.

Карпато-Балканская горно-складчатая система

А. М. Овчинников уделял большое внимание изучению этой системы, что позволило ему выяснить многие закономерности, свойственные горным странам, и установить характерные черты гидрогеологии Карпат.

Карпаты представляют собой сложное геологическое строение, где в основном распространены флишевые отложения, надвинутые и частично опрокинутые в сторону краевых прогибов. Живописный массив Высоких Татр (на границе Польши и Словакии), образующий своеоб-

разное «ядро» в Западных Карпатах, представляет собой ограниченный тектоническими разломами выступ древнего складчатого основания Западных Карпат. Такие выступы приурочены к антиклиналям и в других частях Карпатской системы. В пределах Восточных Карпат выходы древних гнейсов, кристаллических сланцев, кварцитов, мраморов образуют Мармарошский массив (на границе Украины и Румынии). На древних кембрийских отложениях во многих районах залегают известняки триаса и юры, выше которых располагается мощная (до 8 км) флишевая толща мела и палеогена. В верхней части этой толщи имеется характерный горизонт менилитовых сланцев с прослоями песчаников (олигоцен), с которыми связаны залежи нефти, окруженные метановыми йодо-бромными водами. В Предкарпатском краевом прогибе в неогеновых отложениях заключены мощные залежи газа, с которыми связаны воды такого же типа, как воды, встреченные в нефтяных залежах, и крупные месторождения солей, на которых вследствие выщелачивания формируются соленые воды и рассолы, резко отличные по генезису от вод нефтяных месторождений (Величка в Польше, Трускавец, Моршин, Калуп в СССР и др.). На окраине Трансильванской впадины имеются соляные купола. На курортах Совата и Окна-Сибиу в Румынии на участках старинных разработок солей образовались соляные озера, которые вследствие своеобразного термического режима заключают на небольшой глубине соленые воды с температурой до 60° («гелиотермы»).

По мнению А. М. Овчинникова, вся горная часть Карпато-Балканской системы может рассматриваться как сложная водонапорная система относительно слабодобильная вследствие мелкоритмичного сложения флишевых толщ и широкого развития соленосных отложений. Водобильные зоны встречаются в песчаниках и в карбонатных породах, а также в местах тектонических нарушений. Мощное развитие делювия и лесная растительность не благоприятствуют пополнению ресурсов вод во флишевых отложениях даже при сравнительно большом количестве атмосферных осадков (более 1000 мм в год). Нет и ледников, которые обеспечивают более равномерное пополнение запасов вод. Для горных долин характерны врезание русел рек в коренные отложения и дренаж подземных вод аллювиальных отложений. Более мощные грунтовые потоки, которые используются для водоснаб-

жения крупных населенных пунктов, приурочены к древнечетвертичным «карпатским галечникам» и к широким частям долин. В основании потоков на кровле коренных пород воды обычно обогащаются углекислотой и железом.

Предкарпатский краевой прогиб с гидрогеологической точки зрения является водоупорным барьером для двигающихся с юга вод флишевых отложений, тогда как прогибы на окраинах других горных стран обычно представляют собой довольно мощные артезианские бассейны. Узкая и глубокая впадина этого прогиба заполнена неогеновыми соленосными толщами и молассовыми отложениями. На севере впадины хорошо выражена граница Предкарпатского прогиба и Русской платформы в виде линейной зоны разгрузки сероводородных сульфатно-кальциевых вод (Немиров, Любен-Великий, Черче и др.). У подножия южных и западных склонов Карпат находятся молодые впадины (Верхнетиссенская, Чоп-Мукачевская, Трансильванская и др.), сложенные толщами верхнетретичных осадочных и вулканогенных пород. На границе этих впадин и области развития флишевых отложений сохранились цепи потухших вулканов, прекративших свои извержения в конце неогена и значительно разрушенных (Выгорлат-Гутинская гряда и др.). Центром молодой вулканической деятельности является Словацкое Рудогорье (район Банска-Быстрица — Зволен). Другой центр вулканической деятельности находится в районе хребта Харгита-Каллилап в Румынии. Наличие центров магматической деятельности и процессы термометаморфизма горных пород привели к широкому развитию гидротермальной деятельности, о чем свидетельствуют мощные залежи травертина и арагонита. В настоящее время отголоски этой деятельности проявляются в виде многочисленных выходов углекислых минеральных вод.

В 1958—1959 гг. А. М. Овчинников вел полевые исследования в Словацком Рудогорье совместно с коллективом ученых кафедры гидрогеологии университета им. А. Коменского в Братиславе (М. Матула, Л. Мелиорис и др.). При любезном содействии академика Д. Андрусова и других зарубежных геологов ему была предоставлена возможность ознакомиться также с Западными Карпатами (Чехословакия, Польша), Венгерской низменностью, Родопским массивом и Балканами. В результате исследований А. М. Овчинников оконтурил область углекислых вод, которая начинается в Моравии

у г. Готвальда (Лугачовице), далее продолжается в Западных Бескидах и Восточных Карпатах, заканчиваясь на территории Румынии. На территории Чехословакии и Польши выделяются две различные области углекислых вод. Одна из них входит в большой пояс углекислых вод, охватывая Судеты, Крконоши и северную часть Чешского массива. К ней приурочены такие известные курорты, как Карловы Вары, Марианске-Лазне, Подебрады, Теплице и др. Другая область углекислых вод охватывает как Западные, так и Восточные Карпаты. К ней приурочены известные месторождения Криница, Лугачевице, Слияч, Цигелка [98, 117, 119, 120, 133, 140].

На территории советских Карпат особое внимание привлекают районы углекислых вод Поляна-Квасы, Свалява, Соймы, Шаян, Рахов и др. Многие углекислые воды содержат повышенное количество хлоридов натрия, причем хлор-бромный коэффициент (около 300 и менее) свидетельствует о том, что хлоридная составляющая представляет собой остатки вод нефтяного «морского» типа, насыщенные углекислотой, метаморфического происхождения. Во многих водах отмечаются йод, бром, аммоний и другие компоненты. Хлоридно-натриевые и хлоридно-гидрокарбонатно-натриевые воды встречаются и вне области углекислых вод, но они здесь не содержат углекислоты и являются азотно-метановыми или метановыми. Непосредственно у нефтяных залежей встречаются «хлор-кальциевые» воды.

Своеобразный тип в Карпатах — почти пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды в верхней, промытой части коренных пород и четвертичных отложений с наличием нефтяных органических веществ (фенолов, летучих органических веществ, аминокислот, бензола и т. д.) и небольшого количества сероводорода. Они формируются на участках остатков битума, скоплений озокерита с примазками нефти и относятся к водам типа «Нафтуса», известного источника на курорте Трускавец, вода которого применяется для лечебного питья при почечных заболеваниях. Наименее минерализованные углекислые воды по составу гидрокарбонатно-кальциево-магниевые или магниевые-кальциевые, часто образуют «шапку» месторождений других типов. Они обогащены железом, и по ним можно маркировать зоны линейных разгрузок углекислых вод, которых в флишевых Карпатах довольно много. На территории советских Карпат к этому типу относятся углекислые воды Келечин, Ужок, в Румынии — Борзек

(в полосе выступающих кристаллических сланцев) и др. В Балканах характерно преобладание гидрокарбонатно-натриевых вод («щелочных»), что указывает на большую роль процессов обмена катионов в поглощающем комплексе глинистых пород флишевой формации. В Чехословакии и Венгрии в местах, где мезозойские карбонатные породы разбиты тектоническими разломами, вскрыты месторождения азотных термальных вод (Турчанске-Теплице, Склене-Теплице и др.). Во многих термальных водах отмечается большой вынос углекислоты. Наиболее мощный очаг современной разгрузки термальных вод находится в Будапеште (около 70 млн. л/сут).

Крупные межгорные впадины (Венгерская, Трансильванская, Валахская) могут рассматриваться как артезианские бассейны с мощными горизонтами термальных вод. В глубоких частях бассейны заключают месторождения вод нефтяного типа, местами с повышенным содержанием метана и сероводорода, а также радона. К этому типу относятся горячие хлоридные натриево-кальциевые воды румынского курорта Байле-Геркулане (Мегадия) в Южных Карпатах. Термальные воды с высокой концентрацией сероводорода вскрыты при бурении в северной части Болгарии на правом берегу Дуная (район Видина). Мощный бассейн термальных вод обнаружен в районе курорта Варна на Черноморском побережье.

А. М. Овчинников высказал соображение, что древние очаги разгрузки могут быть в одних случаях рудоносными гидротермальными растворами, а в других — сероводородными водами нефтяных месторождений. Например, древняя зона разгрузки сероводородных вод, по-видимому связанных с битумами, существовала вдоль северного края Предкарпатского прогиба, где обнаружены мощные залежи серы (Тарнобеж в Польше и др.). С гидрогеологической точки зрения ученый высказал предположение, что здесь вытекали высококонцентрированные сероводородные воды, сформировавшиеся в результате микробиологических процессов десульфатизации на участках нефтяных залежей у северного края Карпат, которые представляли собой области создания напора. Окисление сероводорода в очагах разгрузки вод привело к накоплению серы. Образование крупных пещер (Демяновские, Домица, Агтелек и др.) ученый связывал с выщелачиванием карбонатных пород в зонах разгрузки восходящими термальными водами в краевых частях артезианских бассейнов.

Выступающие гранитные и известняковые массивы Карпат и Татр обычно содержат пресные и слабоминерализованные, молодые по возрасту воды атмосферного происхождения. К северу и югу от Высоких Татр намечаются два «наложенных» артезианских бассейна — Закопанский и Липтовский. Вдоль южного края Закопанского бассейна к триасовым известнякам приурочена полоса разгрузки теплых вод (Ящуровка в Польше и др.). По данным ученого, заложение буровых скважин в Закопане, который является прекрасным климатическим курортом и базой зимнего лыжного спорта, несомненно, вскроет новые выходы термальных вод, что будет иметь большое практическое значение.

Учение о месторождениях минеральных вод

Истоки учения о минеральных водах на территории России лежат в далеком прошлом. Старинные колодцы, шахты, каптажи источников, сохранившиеся со времен Киевской Руси (XI—XII вв.), свидетельствуют о высоком мастерстве русских людей и их большом практическом опыте при использовании подземных вод, в том числе минеральных и рассольных. Особенно важную роль в изучении минеральных вод сыграла учрежденная Петром I в 1724 г. Петербургская академия наук, экспедиции которой были направлены в разные уголки страны. Тогда же были открыты первые курорты на железистых марциальных водах Карелии и в Липецке.

В 1882 г. был организован Геологический комитет, сотрудники которого, крупнейшие русские геологи А. П. Карпинский, И. В. Мушкетов, С. Н. Никитин, Н. А. Соколов и др., выполняли ряд геологических исследований и одновременно изучали подземные воды. В руководстве по физической геологии, составленном И. В. Мушкетовым (1900), нашли отражение результаты их работ по изучению подземных вод России.

Огромное значение для развития учения о подземных водах имели идеи выдающегося ученого-естествоиспытателя В. В. Докучаева (1846—1903) о географической зональности, которые проникли и в область минеральных вод. В начале XX в. наблюдения за температурой в скважинах, заложенных на пресные и минеральные воды, осуществляли Л. А. Янчевский и А. Д. Стопневич.

Нельзя не отметить некоторых наиболее известных зарубежных ученых, которые внесли свой вклад в уче-

ние о минеральных водах. Большой интерес представляют работы французских исследователей А. Дебре и Л. Делоне¹. В работе Л. Делоне сделаны интересные выводы о происхождении и закономерностях распространения минеральных вод и отражены труды русских инженеров.

Начало XX в. в России ознаменовалось повышенным интересом к своим курортам; с 1905 г. на КМВ активно проводятся гидрогеологические исследования Геологического комитета (работы А. П. Герасимова, В. П. Ренгартена, А. Н. Огильви, Я. В. Лангвагена, Н. Н. Славянова и др.).

В создании и развитии основ учения о минеральных водах большое значение имели геохимические идеи В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана. Они нашли плодотворное развитие в работах А. М. Овчинникова при установлении им закономерностей распространения главных генетических типов минеральных вод. Работы А. Д. Архангельского по происхождению подземных вод нефтяных месторождений Северного Кавказа (1927) оказали также большое влияние на дальнейшее изучение минеральных вод. Отмеченная А. Д. Архангельским роль морских вод в процессах формирования подземных вод была в дальнейшем экспериментально подтверждена крупным геохимиком А. Н. Бунеевым (1900—1950), который впервые наметил пути преобразования морских вод при обмене катионов в поглощающем комплексе илов и горных пород.

Среди крупных исследователей минеральных вод, с которыми тесно сотрудничал А. М. Овчинников в 40—60-х годах, следует назвать А. Н. Бунеева, В. В. Иванова, Н. К. Игнатовича, Ф. А. Макаренко, Н. С. Пчелина, Н. Н. Славянова, Н. И. Толстихина, А. Х. Храмушева, В. В. Штильмарка.

Широкие исследования, проведенные А. М. Овчинниковым на бальнеологических курортах, позволили ему опровергнуть старые представления, согласно которым минеральные воды поднимаются с недостижимых глубин в виде «коренных струй». Ученый обосновал новый взгляд на происхождение, динамику и режим минеральных вод. Выдвинутая им идея о *месторождениях* минеральных вод оказалась весьма плодотворной. Она способствовала установлению типов месторождений, что облег-

¹ DeLaunay L. Recherche, captage et aménagement des sources thermo-minerales. P.: Librairie polytechnique Ch. Beranger, 1899.

чило подсчет ресурсов минеральных вод и организацию рациональной их эксплуатации. Под термином «месторождение воды» А. М. Овчинников понимал сложный комплекс подземной воды, имеющий свою динамику, отличающийся физико-химическим составом и температурой, заключенный в пределах водоносных пластов или зон с определенными контурами. Ученый пришел к выводу, что месторождения нужно рассматривать исходя из геологических обстановок формирования — окислительной, восстановительной и метаморфической.

В верхней, *окислительной* обстановке находятся месторождения негазирующих вод, местами обогащенные металлами и радиоактивными элементами (главным образом на участках кислых интрузивов). В средней, *восстановительной* обстановке выделяются две группы вод. Одна из них содержит газы биохимического происхождения (метан, сероводород и др.) и развита на участках скопления органических веществ, другая — азот воздушного происхождения (но без кислорода) и обычно связана с трещиноватыми породами. Наконец, нижняя обстановка, развитая на участках интрузий, характеризуется газами *метаморфического* происхождения — углекислотой (рис. 1).

Месторождения минеральных вод с газами окислительной обстановки.

К этому типу А. М. Овчинников отнес месторождения холодных вод, в формировании которых преобладающее значение имеет инфильтрация атмосферных осадков, а местами поступление вод из поверхностных водоемов и водотоков. Однако в некоторых месторождениях принимают участие восходящие воды более глубоких горизонтов. Воды данного типа подчиняются закону географической зональности, установленному В. В. Докучаевым. А. М. Овчинников выделил в них две группы: а) воды зоны *окисления*, содержащие растворенный воздух, с мало измененным соотношением отдельных газов или с нарушенным соотношением, вплоть до полного исчезновения кислорода, и часто значительно обогащенные углекислотой вследствие биологических процессов; б) воды в *слабовосстановительных* условиях, в которых завершается связывание кислорода, преимущественно в результате процессов химического взаимодействия с минералами горных пород, и уменьшается содержание в воде свободной углекислоты. Под влиянием этих же процессов газовый состав воды представлен исключительно азотом с примесью благородных газов.

Особенности режима месторождений минеральных вод первой группы определяются нахождением их в зоне гипергенеза, вблизи пояса постоянных годовых температур. Вторая группа минеральных вод проявляется как в верхней части земной коры, так и на некоторой глубине. Это азотные различного состава напорные воды артезианских бассейнов и склонов и трещиноватых водонапорных

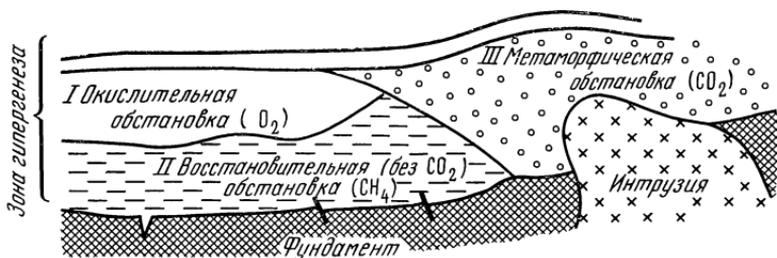


Рис. 1

Схема природных обстановок (по А. М. Овчинникову)

систем, часто не содержащие сероводорода и метана. Глубина проникновения кислорода в земную кору различна и зависит от рельефа, геологического строения и гидрогеологических условий района. В некоторых случаях положение «кислородной границы», по мнению А. М. Овчинникова, определяется глубиной до 1000 м и более.

Месторождения минеральных вод с газами окислительной обстановки находятся в зоне интенсивного водообмена, где протекают процессы растворения, выщелачивания, окисления со значительным влиянием почвообразовательных процессов. В засушливых (аридных) зонах они находятся в условиях испарения, с которыми связаны процессы континентального засоления. Многие вопросы, важные для понимания генезиса месторождений минеральных вод с газами окислительной обстановки, рассмотрены в работе А. И. Перельмана (1955), развивающего учение Б. Б. Полюнова о миграции химических элементов в различных ландшафтных условиях.

По химическому составу вод, условиям залегания, связи с геологическими структурами и литологией пород А. М. Овчинников выделил в зоне окисления следующие типы минеральных вод: 1) обогащенные металлами (Fe, Cu, As и др.), часто встречающиеся на участках рудных залежей; 2) обогащенные органическими веществами;

3) получившие свою минерализацию за счет растворения и выщелачивания на небольшой глубине гипсоносных и соленосных отложений.

1. К первому типу относятся широко распространенные *железистые* сульфатные (купоросные) и гидрокарбонатные воды, способные содержать до нескольких сот миллиграммов железа и других металлов в литре воды. Химический состав железистых вод, распространенных вне областей развития углекислых вод и вне участков окисления сульфидных руд, определяется общей природной зональностью: в большинстве случаев они являются либо типичными грунтовыми водами, приуроченными, как правило, к четвертичным отложениям, либо артезианскими водами неглубокого залегания. Наиболее известные железистые воды, используемые в лечебных целях, — воды первого русского курорта Марциальные воды в Карелии. Как отмечает А. М. Овчинников, «Марциальные воды» названы в честь бога войны Марса, так как во времена войн Петра I со шведами считалось, что употребление этой воды делает человека здоровым и сильным. Обогащение минеральных вод железом и сульфатами на этом курорте обусловлено процессами окисления кислородом воздуха пирита, содержащегося в докембрийских углистых сланцах. К железистым водам относятся также Полкостровские воды (Ленинград), Дарасунские (Читинская обл.) и др.

2. Минеральные воды, содержащие *мышьяк*, отнесены ученым к двум подгруппам. К первой принадлежат мышьяковистые купоросные воды, формирующиеся в зоне окисления гидротермальных сульфидных месторождений с значительным содержанием мышьяковых минералов (реальгара, аурипигмента), ко второй — мышьяковистые углекислые воды. Месторождения вод этого типа заключают неглубокие инфильтрационные воды атмосферного происхождения, окисляющие рудные минералы. Мышьяковые воды встречаются в горных выработках. Наибольшая концентрация мышьяка отмечена в Синегорском месторождении углекислых вод на о-ве Сахалин (60 мг/л). Характерным представителем мышьяковистых купоросных вод могут служить воды источника Зуби вблизи Кутаиси, приуроченные к коре выветривания среднеюрской порфириновой толщи.

3. Минеральные воды, обогащенные *органическими веществами*. Этот тип вод представляет большой интерес и требует глубокого исследования. Органические веществ-

ва в минеральных водах давно привлекали внимание исследователей. Еще В. И. Вернадский писал, что, несмотря на их малые количества, бальнеологическое значение органических веществ огромно.

Наиболее интересными водами, обогащенными специфическими физиологически активными органическими веществами, по мнению А. М. Овчинникова, являются воды типа «Нафтуса» на курорте Трускавец (Предкарпатье), где среднее содержание органического углерода составляет 15 мг/л (А. П. Ясевич, 1982). Среди индивидуальных и групповых органических соединений обнаружены органические кислоты (летучие и нелетучие), фенолы, углеводороды (в том числе жидкие нефтяные углеводороды), битумы, масла, аминокислоты, эфиры, гуминовые вещества. Основную долю от суммы этих веществ составляют нефтеподобные битуминозные вещества (близкие к нефтям Бориславской группы), перешедшие в воду из горных пород, распространенных в районе Трускавецкого месторождения минеральных вод. Уникальное воздействие этих вод на организм человека при почечных заболеваниях связано именно с растворенными полярными органическими веществами, возможно, в комплексе с микрокомпонентами.

4. Месторождения минеральных вод выщелачивания *гипсоносных и соленосных* отложений. *Сульфатные* минеральные воды распространены в области залегания гипсоносных пород верхней перми на востоке и северо-востоке Европейской части СССР и в пределах Главного девонского поля. Эти воды имеют небольшую минерализацию: растворимость сульфата кальция в обычных условиях не превышает 2 г/л (Хилово, Краинка). *Хлоридные* воды широко проявляются в районах развития соленосных отложений. Они могут быть различной минерализации — от нескольких г/л до сотен г/л (например, рассол курорта Моршин 410 г/л). Формируются эти воды за счет растворения соленосных пород и потому полностью отражают их состав.

Месторождения минеральных вод с газами восстановительной обстановки.

В группу этих месторождений А. М. Овчинников включил разнообразные по составу воды, часто залегающие на большой глубине и характеризующиеся повышенной температурой. Однако местами восстановительная обстановка создается и вблизи земной поверхности. Большое значение для формирования этой группы вод имеет нали-

чие органических веществ, являющихся питательной средой для развития микроорганизмов; в результате их возникают сероводородные и метановые воды, т. е. воды, насыщенные газами биохимического происхождения. Если органических веществ нет и воды попадают на большую глубину, то формируются термальные воды, основным газом которых является азот воздушного происхождения. В этих водах нередко содержатся примеси метана, а также местами вследствие разложения при повышенных температурах сульфидных минералов небольшие количества сероводорода. Среди месторождений данного типа вод ученый выделяет три подгруппы месторождений: азотных термальных вод; метановых вод; сероводородных (сульфидных) вод.

1. *Азотные термальные воды.* Эти широко распространенные воды, по наблюдению ученого, отличаются небольшой общей минерализацией (менее 1 г/л). Обычно они встречаются в областях молодых тектонических движений, где создаются благоприятные условия для глубокого проникновения атмосферных вод по трещинам и для загрузки напорных вод.

Азотные слабоминерализованные воды обычно проявляются в виде мощных термальных источников, часто называемых просто термами, приуроченных к глубоким зонам дробления и тектоническим разломам в изверженных или метаморфических породах. Выходы азотных термальных вод обычно тяготеют к крупным региональным тектоническим нарушениям глубокого заложения (Копетдагская, Заилийская, Мегрельская, Восточно-Байкальская термальные линии и др.). Одно время воды таких источников назывались индифферентными, т. е. безразличными, так как казалось, что невысокая общая минерализация (часто меньшая, чем в окружающих пресных водах) не давала оснований предполагать какое-либо специфическое воздействие этих вод на человеческий организм. Однако сильная диссоциация ионов и связанная с этим активность наряду с присутствием специфических микрокомпонентов не позволяют считать их безразличными в физиологическом отношении. В катионном составе подавляющее большинство азотных терм являются натриевыми, а среди анионов наблюдаются переходы (по мере увеличения минерализации) от гидрокарбонатов к сульфатам и хлоридам. Характерной особенностью этих вод является наличие в них значительных концентраций кремнекислоты фтора, вольфрама, молибдена, германия, селена, рения и

других элементов. Газонасыщенность азотных термальных вод невелика, содержание азота не превышает 30–50 мг/л.

А. М. Овчинников выделил пять основных типов месторождений азотных термальных вод. 1) Весьма слабо минерализованные щелочные азотные термы, обычно приуроченные к трещинам гранитных массивов и появляющиеся в местах наиболее глубокого вреза речных долин. Термы обогащены кремнием, литием, часто отличаются повышенным содержанием радона. Наиболее широко они развиты в Тянь-Шане, Алтае, в Прибайкалье и на Дальнем Востоке. Месторождения этого типа вод распространены также в Болгарии, где выделяется особая разновидность этих терм, отличающаяся повышенным содержанием фтора (Рыла-Родопская, Велинград, Симитли, Павел-Баня и др.). Наиболее характерными азотными термами первого типа являются термы Иссык-Ата (Тянь-Шань), на которых создан популярный курорт, и термы Кульдур (Биробиджан). 2) Слабоминерализованные азотные термы, отличающиеся присутствием сероводорода главным образом в связанном состоянии в виде гидросульфидного иона. В формировании этих вод принимают участие как интрузивные, так и метаморфические осадочные породы, иногда с присутствием битума или других органических веществ. Этот тип вод получил наименование пиренейского. Он довольно широко представлен в Советском Союзе и Болгарии. К водам этого типа могут быть отнесены Кумогорские воды, термы Тбилиси, Кюстендил (Болгария). 3) Относительно более минерализованные хлоридные кальциево-натриевые воды, заключающиеся в газовом составе как азот, так и метан. Местами они содержат сероводород. Характерным примером этого типа вод могут служить сероводородные азотные термальные воды румынского курорта Байле Херкулан (Южные Карпаты). В Советском Союзе воды этого типа имеются в Талыше (Азербайджан) и там, где развиты осадочные туфогенные толщи вблизи нефтегазоносной области. 4) Месторождения азотных терм, приуроченные к карбонатным толщам и отличающиеся относительно повышенным содержанием кальция, а в некоторых случаях — радона. Характерными представителями месторождений вод этого типа являются Цхалтубо (Грузинская ССР) и Пиесптяны (Словакия). Весьма крупный очаг разгрузки азотных термальных вод, связанных с мезозойскими карбонатными толщами, находится в Будапеште. 5) Азотные термальные воды песчано-глинистых отложений промытых

в той или иной степени артезианских бассейнов, ранее содержащих нефтяные и газовые залежи. Поэтому в них могут встречаться воды с метаном и сероводородом, но чаще это чистые азотные термальные воды высоких температур. Такие термы имелись в Грозненском нефтеносном районе (Брагуны, Горячеводск), где в результате интенсивной эксплуатации нефти произошло резкое снижение уровня вод и исчезновение естественных горячих источников. К этому типу относится также месторождение термальных вод Ташкентского артезианского бассейна, где при поисках нефти разведочными скважинами была вскрыта горячая вода в нижнемеловых отложениях, используемая для целей народного хозяйства.

2. *Метановые воды* залегают в осадочных отложениях в восстановительной обстановке, где интенсивно протекали биохимические процессы. Они генетически связаны с нефтеносными и битуминозными отложениями и часто являются типичными нефтяными водами, имеющими широкое региональное распространение. Особенностью метановых вод является повышенное содержание йода и аммония и отсутствие сульфатов вследствие процессов сульфатредукции. Чаще всего это напорные артезианские воды, вскрываемые глубокими скважинами. Воды имеют высокую газонасыщенность (до 10 000 см³/л и более).

А. М. Овчинников выделил два подтипа метановых вод. а) Высокоминерализованные воды, часто рассольные (с общей минерализацией 50—300 г/л), хлоридные, натриевые или кальциево-натриевые, содержащие в повышенных концентрациях специфические компоненты нефтеносных районов (бром, йод, бор, аммоний, нефтяные кислоты). В газовом составе этих вод наряду с метаном часто присутствуют тяжелые углеводороды, иногда сероводород. По генезису они представляют собой метаморфизованные древние воды морского типа, залегающие в закрытых частях структур. Эти воды часто имеют промышленное значение как источник получения йода, брома и т. д. В некоторых районах они содержат повышенное количество радия. б) Метановые воды низкой или средней минерализации (от 1 до 20 г/л, редко выше), гидрокарбонатные или гидрокарбонатно-хлоридные натриевые, щелочные. Отношение натрия к хлору в этих водах больше единицы. Характерным примером могут служить горячие метановые воды, вскрытые в Нальчике, Майкопе, на Сахалине. Областями развития термальных метановых вод являются Апшерон, Челекен, Таманский и Керчен-

ский полуострова, Западная Сибирь и другие нефтеносные районы.

3. *Сероводородные (сульфидные) воды* представляют собой весьма ценные лечебные воды. Они обычно приурочены к осадочным комплексам пород и находятся в парагенетических соотношениях с битуминозными отложениями, нефтью и торфами. Многие месторождения серы можно рассматривать как древние очаги разгрузки сероводородных вод. К сероводородным водам относятся воды, которые содержат общий (титруемый йодом) сероводород не менее 10 мг/л. Концентрация сероводорода зависит от наличия органического вещества, содержания сульфатов, от связывания образующегося сероводорода железом и от других факторов. Из сероводородных вод, используемых в лечебных целях, наибольшее содержание сероводорода наблюдается в воде курорта Талги (Дагестан), где оно достигает 560 мг/л. Далее по содержанию сероводорода стоят воды Приуралья (Краснокамск, Сарабикулово) и мацестинские воды с содержанием сероводорода до 426 мг/л. На многих курортах используются воды с меньшей концентрацией сероводорода, например гидросульфидные термальные воды Горячего Ключа (до 170 мг/л), Сергиевские минеральные воды (около 80 мг/л), Кемери (26 мг/л), Хилово (18 мг/л), Арчман (10 мг/л). Сероводородные сульфидные воды могут иметь самый разнообразный ионный состав: процесс биохимического восстановления сульфатов происходит в различных природных условиях при отсутствии кислорода и наличии органического вещества (или водорода), сульфатов и сульфатредуцирующих бактерий. Условия формирования сероводородных вод, связанные с наложением процессов восстановления сульфатов на процессы формирования ионного состава вод, чрезвычайно многообразны. Различия проявляются в характере и происхождении органического вещества, используемого микроорганизмами, в литологических особенностях пород, определяющих их обменно-адсорбционную активность и способность к сорбции сероводорода, и в общих гидрогеологических условиях — положении зоны формирования сероводородной воды, показывающем интенсивность циркуляции воды, степени проницаемости пород от первичного засоления и т. д.

Сероводородные воды подразделяются ученым на две основные группы в зависимости от того, как они образуются: в результате взаимодействия сульфатсодержащих вод с органическими веществами четвертичных отло-

жений или с битумами коренных пород. Среди месторождений сероводородных вод, возникших в результате взаимодействия сульфатсодержащих вод с органическими веществами четвертичных отложений, выделяются месторождения сульфатных кальциевых вод, которые отличаются следующими гидрогеологическими особенностями: близким к поверхности залеганием водоносного горизонта; наличием эрозионного вреза до пород этого горизонта или тектонического разрыва, обеспечивающего подъем воды к поверхности; наличием торфяников, в которых разгружается сульфатная кальциевая вода и происходит контакт ее с органическим веществом. Типичным примером месторождений сероводородных вод такого типа служат воды курорта Краинка (Тульская обл.), курорта Варзи-Ятчи (Удмуртская АССР), курорта Хилово (Псковская обл.) и др. Грунтовые воды, залегающие в торфянике, попадают в гипсосодержащие породы, в результате чего приобретают сульфатный кальциевый состав и обогащаются сероводородом. Наличие в воде сульфатов кальция является результатом выщелачивания гипса, содержащегося в породах. Появление значительных количеств гидрокарбонатов связано с восстановлением сульфатов. Благоприятные условия для контакта органического вещества торфяников с сульфатсодержащей водой имеются также в районе курорта Кемери (Латвийская ССР). На некоторых участках этого месторождения происходит подпитывание гипсовой саласпильской свиты верхнего девона болотными водами, на других же участках воды указанной свиты разгружаются в торфяники. Характерно, что распространение сероводородной воды ограничивается контурами болот.

Своеобразные условия контакта сульфатсодержащих вод с органическим веществом четвертичных отложений создаются в некоторых озерах, где возникает устойчивая стратификация водного слоя — гидрохимическая и термическая анизотропность, приводящая к сохранению на глубине слоя более плотной воды. В образовавшейся таким образом зоне застоя создаются условия для развития анаэробных процессов, в том числе сульфатредукции. Обусловленная ею концентрация сероводорода в озерной воде может достигать больших величин — сотен мг/л (оз. Вейсово на курорте Славянск, оз. Соленое курорта Сольвычегодск). Примером сульфатных кальциевых сероводородных вод, формирующихся в карбонатных битумосодержащих породах в условиях верхних гидродинамиче-

ских зон, являются Сергиевские минеральные воды и месторождения сероводородных вод Западной Украины. Сероводородные минеральные воды курорта Ключи и Копетдагские термы формируются, по мнению А. М. Овчинникова, в не полностью отмытых от хлоридов породах, неактивных в обменно-адсорбционном отношении. Термы Копетдага являются очагами разгрузки сложного горно-складчатого артезианского бассейна, образованного малым-неокомской толщей известняков, широко развитой в Туркмено-Хорасанской системе, где разгрузка воды осуществляется по зонам дробления надвигов. Дебиты источников весьма значительные — миллионы литров в сутки. Сульфатность воды находит объяснение в наличии гипсов в основании малым-неокомской толщи известняков.

Представителями высокоминерализованных хлоридных кальциевых сероводородных вод, формирующихся в крупных артезианских бассейнах, являются воды Иркутского бассейна. Например, Балыхтинская минеральная вода имеет минерализацию 599 г/л и содержит сероводород в количестве 1970 мг/л (эта вода является перспективной для использования в лечебных целях).

Месторождения минеральных вод с газами метаморфической обстановки

Углекислые воды. Одним из наиболее интересных типов минеральных вод, газифицированных на земной поверхности и широко применяемых на курортах, являются углекислые воды. На базе углекислых минеральных вод созданы прославленные курорты в Советском Союзе — Боржоми, Кисловодск, Ессентуки, Железноводск, Джермук, Арзни, Дарасун, Аршан, и за рубежом — Карловы Вары, Марианске-Лазне, Виши, Вильдунген, Наугейм и др. Эти воды используются также для розлива как столовый и лечебный напиток, а на некоторых источниках выделяющаяся углекислота используется в промышленности. Углекислые воды часто содержат в повышенных количествах ценные химические компоненты (литий, бор, мышьяк и др.), а также радиоактивные элементы (радий, радон, уран).

Систематизация данных многочисленных исследований, проведенных А. М. Овчинниковым на курортах углекислых вод Кавказа, Карпат, Дальнего Востока, Забайкалья, а также анализ материалов по углекислым водам Чехословакии, Польши, Румынии, Болгарии, Франции, Ирана

и других стран позволили ему сделать важные выводы в отношении закономерностей распространения и формирования месторождений углекислых вод.

А. М. Овчинников считал, что в современную эпоху углекислые воды проявляются только на участках явных или скрытых очагов неогенных интрузий (не древнее палеогена), причем многие факторы указывают на общую тенденцию сокращения площадей распространения таких вод. Например, углекислые воды в районе КМВ в прошлом проявлялись значительно шире, в Тянь-Шане доходили до южного берега оз. Иссык-Куль, хотя в настоящее время граница области их распространения расположена южнее, в долине р. Нарына. По мнению ученого, углекислые воды образуют месторождения в пределах водонапорных систем земной коры и подчиняются общим законам динамики этих систем. Гидростатический напор, создающийся в области современной инфильтрации атмосферных вод (на повышенных участках рельефа), передается на всю систему, в результате чего происходит медленное вытеснение углекислых вод из бассейнов. В краевых частях месторождений последние подвергаются разбавлению инфильтрационными пресными водами, но в глубоких частях структур поры и трещины пород обычно бывают заполнены более древними водами. Углекислые воды, как и другие типы минеральных вод, медленно движущиеся по трещинам горных пород, обычно появляются на поверхности, в местах пересечения эрозионными понижениями трещиноватых зон, и часто разгружаются под аллювиальными отложениями. На последних участках подъема углекислых вод (на глубине 30—40 м), где давление снижается, происходит выделение спонтанной (свободной) углекислоты и наблюдается пульсирование.

Происхождение углекислоты в подземных водах всегда вызывало большие споры. А. М. Овчинников считал, что углекислота, насыщающая минеральные воды в сфере влияния магматических очагов, образуется при воздействии высоких температур на окружающие породы, т. е. при контактовом метаморфизме. Это хорошо доказано опытами с нагреванием различных пород до высоких температур, причем наибольшее количество углекислоты выделяется при нагревании пород от 120 до 400° С. По мере развития геологических структур, в процессе движения подземных вод, а также диффузионных явлений углекислота мигрирует к местам разгрузки вод, проникая во все более высокозалегающие воды. Поэтому углекислотой

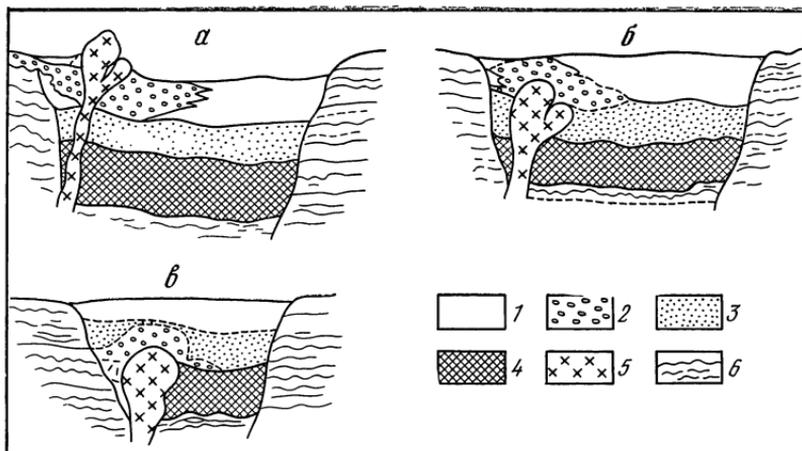


Рис. 2

Схема внедрения интрузий и образования месторождений углекислых вод (по А. М. Овчинникову)

а — интрузия в зоне интенсивного водообмена; *б* — интрузия в зоне замедленного водообмена; *в* — интрузия в зоне весьма замедленного водообмена. 1 — пресные воды; 2 — месторождение углекислых вод; 3 — минеральные воды; 4 — рассолы; 5 — интрузии; 6 — относительно водоупорные слои

метаморфического происхождения могут быть насыщены воды как сравнительно высокоминерализованные хлоридного натриевого типа, так и сульфатные и почти пресные гидрокарбонатные воды. Однако в природе не встречено углекислых вод, имеющих общую минерализацию рассолов, т. е. более 50 г/л. По мнению ученого, это свидетельствует о том, что углекислые воды заключены в пределах сравнительно неглубоких зон водонапорных систем, где происходит интенсивная миграция подземных вод и внедрение инфильтрационных вод (рис. 2).

Гидрогеохимическая зональность в известной мере отражает глубины и стадии внедрения интрузий. Если последние залегают глубоко, то в их сфере находятся сравнительно высокоминерализованные хлоридные кальциево-натриевые воды; при более высоком положении интрузии вторгаются в зону сульфатных вод, и, наконец, в верхней части диффундирующая углекислота насыщает почти пресные гидрокарбонатные воды.

Химический состав углекислых вод в значительной мере отражает гидрогеохимические условия окружающих

осадочных толщ, палеогидрогеологию бассейнов и в меньшей степени состав самих интрузивов. В составе углекислых минеральных вод могут участвовать как инфильтрационные воды «выщелачивания», так и несколько измененные седиментационные воды морского типа. Однако это не исключает того положения, что некоторые характерные элементы (мышьяк и др.) могут заимствоваться из магматических очагов, которые обычно находятся в сложных взаимоотношениях с окружающими толщами. На участках кислых интрузивов углекислые воды всегда в той или иной мере обогащены радиоактивными элементами. Некоторые типы горячих углекислых вод можно рассматривать как современные гидротермы, генетически связанные с магматическими очагами. Изучение углекислых вод, по мысли А. М. Овчинникова, представляет большой научный и практический интерес, так как некоторые типы горячих углекислых вод близки по составу к рудоносным растворам, с которыми связаны залежи ценных элементов.

Углекислые воды резко повышают свою агрессивность в окислительной обстановке, особенно при смешении с пресной водой, и интенсивно выщелачивают и растворяют различные горные породы. На участках разгрузки этих вод обычно образуются травертины, а иногда создаются вторичные скопления ценных металлов. Этот процесс совершается в течение длительного геологического времени. Хорошо известны примеры отложения травертинов на Кавказе: Горячая гора на склонах Машука в Пятигорске, мощные травертины у нарзанов Военно-Грузинской дороги, а также каскады травертинов на горячих углекислых водах Памира и др.

На территории Советского Союза и сопредельных стран хорошо выделяются области распространения углекислых вод, которые образуют крупную гидрогеохимическую провинцию. Для образования месторождений углекислых вод необходимы благоприятные геоструктурные условия и коллекторы, в которых могут накапливаться и сохраняться углекислые воды; в частности, холодные углекислые воды могут даже длительное время сохраняться в областях развития многолетнемерзлых пород (Забайкалье и др.). Границы областей зависят от сложного сочетания различных факторов и не представляют простые ореолы вокруг интрузивов.

Систематизация данных детального изучения углекислых минеральных вод позволила А. М. Овчинникову

сделать важные выводы в отношении закономерностей распространения и формирования месторождений углекислых вод.

Углекислые воды не образуют «изолированные» струи, поднимающиеся из магматического очага по крупным тектоническим разломам, как ранее считали многие исследователи. Хотя углекислые воды часто поднимаются по тектоническим нарушениям типа сбросов, они не имеют «жильного» характера, так как тесно связаны с окружающими водами иного состава и по форме напоминают штоковые и линзообразные месторождения, приуроченные к трещиноватым зонам или пластово-трещинным коллекторам.

Углекислые воды создают сложные динамические месторождения в пределах артезианских бассейнов и других водонапорных систем, преимущественно горных сооружений и их окраин, в сфере молодых магматических очагов не древнее палеогена. Более древние интрузии, некогда вызвавшие образование углекислоты, в настоящее время уже полностью остыли, а углекислота, накопленная в прилегающих бассейнах подземных вод, израсходована. Поэтому в таких районах можно встретить лишь небольшие остатки в прошлом крупных месторождений углекислых вод, сохранившихся только в виде небольших участков в осадочных отложениях.

Формирование месторождений углекислых вод — очень сложный процесс, определяющийся многими факторами (тектоническими, геоморфологическими, гидродинамическими и т. п.). Они часто накладываются друг на друга, и их следует рассматривать в историческом аспекте, основываясь на анализе геологической истории бассейна подземных вод, в пределах которого заключены месторождения углекислых вод.

Области распространения углекислых вод имеют различные формы и размеры: а) крупные гидрогеологические области, приуроченные к зонам альпийской складчатости и к пограничным участкам платформ (пояс углекислых вод Большого Кавказа и др.); б) сложные бассейны углекислых вод, обычно приуроченные к антиклинальным структурам в пределах альпийской области (Карпаты, Малый Кавказ, Эльбурс); в) небольшие бассейны углекислых вод, вне крупных областей углекислых вод, часто связанные с синклиналильными структурами; они имеются в Крыму (близ Симферополя), в Гиссарском хребте (бассейн р. Варзоб-Дари), в Болгарии и т. д.

А. М. Овчинников пришел к выводу, что при решении любой конкретной задачи по поискам, разведке и эксплуатации углекислых вод гидрогеологическое изучение должно охватывать весь бассейн подземных вод, в котором заключено месторождение. При анализе месторождений углекислых вод следует производить палеогидрогеологическое изучение района с учетом времени и возможных условий залегания интрузий, с которыми связаны процессы термометаморфизма. Ученый выделил пять основных типов месторождений углекислых вод, которые можно разделить на подтипы.

1. Гидрокарбонатные, преимущественно кальциевые воды типа Нарзана, Дарасуна, Аршана. Эти воды наиболее широко распространены и приурочены к неглубоким частям структур, местами образуя «шапку» месторождений углекислых вод иных типов более глубокого залегания. Гидрокарбонатные воды обычно связаны с карбонатными свитами, имеют пластово-трещинный характер и проявляются на поверхности в зонах неглубоких тектонических разрывов или на контактах свит различной проницаемости. По катионному составу воды этих месторождений подразделяются на следующие подтипы: а) Холодные магниевые-кальциевые или кальциевые-магниевые воды невысокой общей минерализации, широко распространенные в Забайкалье («Аршаны») и обычно приуроченные к узким грабенообразным артезианским бассейнам (Дарасун, Шиванда, Кука и др.), сложенным юрскими отложениями, и к массивам трещиноватых гранитов. Сюда относятся многочисленные источники Карпат («Квасы», «Буркуты»), часто обогащенные железом и встречаемые в горной части, и «Нарзаны» Кавказа. На некоторых участках в буровых скважинах с увеличением глубины наблюдается рост минерализации вод и повышение содержания в них натрия. б) Холодные воды с несколько повышенной минерализацией и содержанием сульфатов, причем в некоторых выходах воды сульфат кальция имеет доминирующее значение. Причина повышенного содержания сульфатов — наличие гипсоносных свит или скоплений вторичного гипса, которые выщелачиваются углекислыми водами. Кроме кисловодского «Сульфатного Нарзана», можно отметить месторождения минеральных вод Аб-Али (Иран), Аршан-Тункинский (Восточные Саяны), Вильдунген (ФРГ) и др. в) Теплые сульфатные воды с температурой 20—37° С широко распространены в Словакии и Венгрии, где они приурочены к сложным ар-

тезианским бассейнам, в пределах которых водоносным комплексом являются триасовые доломиты и известняки. К такому типу относятся углекислые сульфатные воды курортов Слияч и Ковачев (Словакия).

2. Горячие и теплые углекислые воды сложного состава (часто радоно-радиевые) типа Железноводск—Карловы Вары. В этих водах среди катионов преобладает натрий. Месторождения этих вод возникают обычно в районах сложной тектоники, в местах молодых интрузий, на участках глубоких разломов (например, в районе КМВ, где развиты поперечные северо-восточные зоны разломов и трещин) и на контактах осадочных и изверженных пород. Как правило, они обогащены ценными микроэлементами и содержат повышенное количество радиоэлементов. Некоторые их представители могут быть названы углекислыми радоно-радиевыми водами: Железноводск, Исти-Су, Джермук, Карловы Вары. В Карловых Варах углекислые источники приурочены к хорошо прослеживаемой зоне разлома в гранитном массиве. Около источников наблюдается залежь арагонита, который используется для изготовления сувениров. Особое место занимает Пятигорское месторождение (КМВ), где горячие углекислые воды содержат сероводород (более 10 мг/л), находящийся в связи с низким рН вод в основном в свободном состоянии. Эти воды являются сероводородно-углекислыми. Поднимаясь на поверхность и проходя через породы, богатые железом, сероводород связывается, в результате чего образуются холодные и теплые пятигорские парзаны. Дериватные воды в условиях медленной миграции над эманлирующими коллекторами обогащаются радоном и охлаждаются. Таким образом создаются крупные месторождения радоновых вод.

3. Углекислые гидрокарбонатные натриевые воды (теплые и холодные) типа Боржоми приурочены к флишевым отложениям, которые обычно представляют собой серию пластово-трещинных водоносных песчаниковых горизонтов среди слабопроницаемых глин и глинистых мергелей, местами осложненных смятиями и тектоническими разрывами. Примерами таких месторождений служат Боржоми, Уцера (ГССР), Сираб (Нахичеван. АССР), Поляна (УССР), Ласточка (Примор. край), Дилижан (Арм. ССР), Виши (Франция) и др. Очень часто они залегают в антиклинальных структурах, и разгрузка углекислых вод происходит в тех местах, где долины про-

резают осевые части складок и обнажают зоны тектонических нарушений. Формирование химического состава вод этого типа связано с процессами обмена катионов, причем натрий, заключенный в поглощенном комплексе глинистых пород, может рассматриваться как остаток прежде существовавших древних водоемов морского типа. Вследствие ритмичного чередования флишевых отложений, отражающих колебательные движения дна древних водоемов, процесс обмена катионов интенсивнее протекает на поднимающихся участках, куда попадают инфильтрационные воды, обычно кальциевого состава. В погружающихся синклинальных участках сохраняются хлоридные натриевые воды. Поэтому в пределах флишевых толщ углекислые воды различного химического состава распределяются довольно сложно.

При наличии органических веществ в воде развиваются микробиологические процессы, в частности процесс десульфатизации, и в некоторых месторождениях можно встретить бессульфатные углекислые гидрокарбонатные натриевые воды, содержащие сероводород. В тех месторождениях, где не было благоприятных условий для десульфатизации, образуются сульфатно-гидрокарбонатные натриевые воды.

4. Гидрокарбонатно-хлоридные натриевые воды (иногда обогащенные мышьяком). Этот тип вод обычно трехкомпонентный, среди катионов доминирует натрий, среди анионов — хлор и гидрокарбонаты. Эти воды относятся к эссентукскому типу. Интересно отметить, что, хотя они насыщены углекислотой метаморфического происхождения, их месторождения обычно расположены вблизи нефтеносных районов, в пределах которых можно часто встретить воды сходного химического состава, но отличающиеся составом газов (метана, азота). Они широко развиты в пределах Большого и Малого Кавказа и в Карпатах. Подобные источники обнаружены в Ферганском хребте и на Чукотском полуострове (Лоринский источник). Анализ условий формирования и распространения этих вод показывает, что они связаны главным образом с осадочными толщами, а повышенное содержание хлоридов натрия объясняется участием древних вод морского происхождения, претерпевших сложный путь метаморфизации. Хлор-бромный коэффициент этих вод чаще всего равен 300, т. е. близок к океаническому, что указывает на отсутствие процесса выщелачивания галогенных толщ.

А. М. Овчинников выделяет два подтипа этих месторождений: а) углекислые воды в песчано-глинистых отложениях с повышенным содержанием йода и брома, к числу которых относятся Эссентуки, Джава, Зваре, Соймы, Лукачевице (Чехословакия); б) углекислые воды близ залежей сульфидов мышьяка (реальгара, аурипигмента), относящиеся к типу мышьяковистых вод. В водах некоторых месторождений содержание мышьяковистой кислоты достигает 100 мг/л; общая минерализация — до 25 г/л. Наиболее характерными месторождениями подобных вод являются Джульфа в Нахичеванской АССР, Синегорское на Южном Сахалине и Налычевское на Камчатке. Обогащение мышьяком связано не с выщелачиванием сульфидов мышьяка, который в слабокислой среде растворяется незначительно, а с процессами термометаморфизма, т. е. с теми же процессами, которые обусловили выделение углекислоты из горных пород. Максимальное содержание в этих водах углекислоты, гидрокарбонатов и мышьяка наблюдается близ крупных тектонических разломов. Частичное осаждение сульфидов мышьяка происходит при соприкосновении мышьяковистых вод с сероводородом. Следует отметить, что месторождения эссентукского типа обычно не обладают большими запасами лечебных вод, а потребность в них велика.

5. Хлоридные натриевые воды и рассолы типа Арзни — Наугейм. Эти месторождения углекислых вод, содержащие главным образом хлориды натрия, могут встречаться в районе интрузий в двух случаях: а) если имеется соленосная толща или залежь солей, которая выщелачивается подземными водами; б) если в породах сохранились воды морского генезиса. В первом случае хлор-бромное отношение в водах значительно превышает 300. Выщелачивание солей происходит в месторождении минеральных вод Арзни (Арм. ССР), где буровыми работами околонулена под лавовыми потоками большая залежь соли. Второй случай встречается во флишевых отложениях Карпат. Существует и третья разновидность хлоридных натриевых вод, в которых отношение натрия к хлору (в эквивалентах) несколько меньше единицы, т. е. воды содержат хлориды кальция. Среди этих вод наиболее интересными являются углекислые мышьяковистые горячие воды Карма-Дон (Северная Осетия).

Данная А. М. Овчинниковым классификация месторождений углекислых минеральных вод имеет не только большое научное, но и практическое значение, так как

позволяет по аналогии давать сравнительные оценки сходных по типу месторождений (табл. 1) ².

Изучение минеральных вод на крупных курортах Советского Союза.

Знание закономерностей распространения и формирования минеральных вод имеет огромное значение для правильного планирования и развертывания курортного строительства. Месторождения минеральных вод обычно находятся в сложных динамических взаимоотношениях с окружающими водами и часто постепенно замещаются пресными водами. По мнению А. М. Овчинникова, в пределах благоприятных геологических структур в водоносных комплексах может быть околонулена своеобразная динамическая залежь, обладающая той или иной формой, изменяющейся во времени и в пространстве, в зависимости от естественных и искусственных причин. Граница между минеральными и пресными водами представляет собой своеобразный «фронт», который все время меняется как в ходе геологического развития района, так и в зависимости от сезонных колебаний и от проведения буровых и опытных работ. Ученый отмечает также, что в местах разгрузки подземных вод создаются общие для минеральных и пресных вод депрессионные воронки. Наибольшее внимание он уделит условиям формирования уникальных месторождений — Боржоми, Сочи-Мацеста, Кавказские минеральные воды.

Боржоми. Известный бальнеологический курорт Боржоми, минеральная вода которого экспортируется в большом количестве, находится на территории ГССР, в верхнем течении р. Куры. Углекислая минеральная вода, пользующаяся заслуженной славой и создавшая известность курорту Боржоми, имеет сравнительно редко встречающийся гидрокарбонатный натриевый состав, с относительно повышенным содержанием хлоридов, борной кислоты, йода и аммония. Общая минерализация воды колеблется в пределах 5,4—7,2 г/л, температура воды 18—42° С, что связано с различной глубиной их вскрытия, наибольшее содержание углекислоты 4,9 г/л.

В результате детальной геологической и гидрогеологической съемки и разведочных буровых работ, проведенных А. М. Овчинниковым на курорте Боржоми (1927—1935), были выявлены три новых участка скрытых очагов разгрузки углекислых минеральных вод в долинах рек Гуд-

² Все таблицы помещены в Приложении.

жаретис-Цхали, Куры и на участке Ликани, что значительно увеличило эксплуатационные запасы минеральной воды (с 90 до 340 м³/сут). До работ Боржомской гидрогеологической партии все количество минеральной воды (90—100 тыс. л/сут) давали естественные источники, сосредоточенные в узком ущелье р. Боржомки, в месте, где осевая зона тектонических нарушений пересекается долиной реки.

История каптажа Боржомских минеральных источников представляет собой эволюцию инженерной мысли в области каптажных сооружений, начиная от неглубокого захвата минеральной воды на месте ее естественного выхода и кончая выведением воды в наиболее благоприятных условиях буровыми скважинами. В 1849 г. источники закрепляются в паносах каменными колодцами. В 1891—1894 гг. горный инженер А. М. Коншин производит более глубокий каптаж заложением каменных колодцев непосредственно на коренных породах. Результат этих работ несколько увеличил количество минеральной воды и обезопасил источники от затопления рекой. Сложный режим главного Екатерининского источника тщательно изучался химиком Ф. Ф. Мольденгауером, который сконструировал самопишущий прибор для измерения дебита колодца и организовал розлив минеральной воды. Все это заставило усложнить каптажное сооружение, и в 1912 г. вокруг колодца по проекту А. М. Коншина был устроен барраж-пресс диаметром около 25 м, весом более 3000 т, который, по мнению автора проекта, должен был задвигать окружающие выходы воды и заставить минеральную воду подниматься по главной трубе. Но желаемого увеличения дебита сооружение не дало. До 1927 г. в Боржомском районе велись только геологические исследования: академиком Абигом (1872), фон Кошкулем (1873), А. М. Коншиным (1891—1892), С. В. Обручевым (1923). В 1931 г. геолог Б. Ф. Мефферт произвел геологическую съемку Боржомского района в одноверстном масштабе.

В геологическом строении района принимают участие метаморфические, осадочные и изверженные породы докембрийского, палеозойского и мезо-кайнозойского возраста. Дочетвертичные породы смяты в антиклинальные складки широтного направления, разбиты тектоническими нарушениями. Месторождение боржомской минеральной воды приурочено к сводовой части крупной антиклинальной складки, сложенной флишевыми отложениями палеоцена и имеющей почти широтное простира-

ние. В сводовой части асимметричной антиклинали, где южное крыло крутое, а северное пологое, выступают нижние горизонты флиша, с которыми связана циркуляция минеральной воды. Флишевые отложения представлены серией пластово-трещинных водоносных песчаников, залегающих среди глин и глинистых мергелей, местами осложненных смятиями и тектоническими нарушениями. Общая мощность флишевых отложений 980 м. Питание подземных вод и создание напора осуществляется на участках выхода пород мелового возраста к северо-востоку (гора Ломис-Мта), юго-востоку (район Бакуриани) и юго-западу от Боржоми. На крыльях антиклинали и в сторону погружения ее оси глубина залегания минеральных вод возрастает. Распределение пьезометрических напоров свидетельствует о наличии крупной воронки депрессии (глубина воронки превышает 200 м), созданной очагами разгрузки в центральной эксплуатирующейся части Боржомского месторождения.

По теории А. М. Овчинникова, формирование химического состава вод этого месторождения связано с процессами обмена катионов (натрий, заключенный в поглощенном комплексе глинистых пород, обменивается на кальций воды). Вследствие ритмичного чередования флишевых отложений (мергели, песчаники, глинистые сланцы, туфогенные песчаники и туфоконгломераты) условия для развития в них обменно-адсорбционных процессов особенно благоприятны.

В 1930—1937 гг., изучая минеральные воды курорта Боржоми, А. М. Овчинников обследовал и другие минеральные источники Боржомского района (Цагвери, Либани, Маджари-Цхали, Недзви и др.); источники района Абастумана (Зекари, Никаберети, Уравель, Саирмэ и др.); источники района Шови (Уцера, Геби, Они, Глола, Гуршеви и др.). В результате им была составлена схематическая гидрогеологическая карта Боржоми-Абастуманского района.

Сочи-Мацестинское месторождение сероводородных вод. Курорт Сочи-Мацеста относится к лучшим курортам Советского Союза. Прекрасные климатические условия, берег Черного моря, наконец, целебные минеральные источники создали курорту заслуженную славу.

Мацестинские воды принадлежат к типу наиболее богатых сульфидными хлоридными натриевыми субтермальными вод ($T=26-31^{\circ}\text{C}$), газифицирующихся азотом, метаном и

сероводородом. В отдельных выходах количество сероводорода в воде достигает 350 мг/л при минерализации от 1 до 20 г/л. Особенностью мацестинских вод является почти полное отсутствие сульфатов, несколько повышенное содержание кальция и присутствие сероводорода. Из общего содержания сероводорода в воде около 60% приходится на долю свободного сероводорода (при $pH=6,8$), что позволяет определить мацестинские воды как сульфидные. Зависимость между содержанием сероводорода и минерализацией указывает на тесную связь процессов формирования минерального и газового состава воды.

Сочи-Мацестинское месторождение сероводородных вод приурочено к глубоким зонам Сочи-Адлерской депрессии, погружающейся в юго-западной части под уровень Черного моря. В гидрогеологическом отношении депрессия представляет собой крупный артезианский бассейн, основной водоносный комплекс которого приурочен к толще верхнеюрских и меловых известняков. По отношению к этому водоносному комплексу толща третичных пород, как и подстилающая среднеюрская порфириновая толща, является относительным водоупором. Минеральные воды этого месторождения имеют пластово-трещинный характер, причем наиболее благоприятные условия циркуляции создаются в зонах интенсивного развития тектонических нарушений. Движение подземных вод происходит со стороны региональных областей питания, что определяет и регулирует напор всей артезианской системы.

Сочинский район по своему геологическому строению распадается на две части: северную — горную, сложенную мощными песчано-глинистыми толщами мезозойских пород, смятых в опрокинутые и надвинутые к югу складки, и южную — холмистую, сложенную толщами известняков, перекрытых песчано-глинистыми третичными отложениями. Северная часть входит в зону южного склона Кавказского хребта, южная — в зону Закавказской депрессии. Геологическая история этих областей различна. Мацестинские сероводородные воды приурочены к южной зоне, представляющей отдельный тектонический элемент (так называемую «зону Абхазских фаций»). Эта зона сложена туфогенно-порфириновой свитой средней юры, на которую налегает мощная толща известняков юры и мела. Известняки юры и мела сильно трещиноваты, и в них развиты явления карста — воронки, пещеры, подземные реки — «включы».

О происхождении мацестинских сероводородных вод было выдвинуто много разнообразных спорных гипотез, иногда совершенно противоречивых. До работ Сочинской комплексной экспедиции АН СССР (1937—1939 гг.) мацестинские воды относили к ювенильным водам, связанным с магматической деятельностью. Считалось, что они приурочены к глубоким трещинам земной коры и поднимаются на поверхность в виде отдельных локализованных «жильных» струй. Высказывались также мнения в 1909 г. (М. В. Сергеев³), что мацестинские термы представляют собой метеорные воды, минеральное вещество которых связано с аптскими темно-серыми мергелями, содержащими серный колчедан. Это предположение было позднее развито Ф. А. Макаренко, который считал, что сульфидные воды являются продуктом современных геохимических процессов, протекающих между водами атмосферного происхождения и известняками, в которые вода проникает из областей питания. По мнению Ф. А. Макаренко, в условиях специфической геохимической обстановки глубоких слоев бассейна атмосферные воды в процессе циркуляции превращаются в сульфидные воды типа Мацесты. Он считал, что запасы этих вод возобновляются соответственно их естественной разгрузке⁴. В. М. Куканов отстаивал гипотезу, предложенную в 1926 г. В. Н. Шишкиным⁵, о происхождении сульфидных вод Мацесты за счет преобразования природных вод современного Черного моря. По теории В. М. Куканова, эти воды следует считать также легко возобновляемыми⁶. Некоторые же исследователи объясняют состав этих вод выщелачиванием соленосных отложений или относят их просто к категории «нефтяных вод».

А. М. Овчинников считал, что картина происхождения сероводородных вод весьма сложна и не может быть втиснута ни в одну из вышеупомянутых схем. По его представлению, мацестинские сероводородные воды являются метаморфизованными водами морского типа третичного

³ Сергеев М. В. Исследование режима Мацестинских серных источников в 1909—1910 гг.— Горн. журн., 1927, № 11, с. 36—40.

⁴ Макаренко Ф. А. О генезисе сероводородных вод Мацесты.— Тр. Лаб. гидрогеол. пробл. им. Ф. П. Саваренского, 1949, т. 2, с. 3.

⁵ Шишкин В. Н. Аналитические и графические методы исследования сложных равновесных систем.— Изв. Ин-та физ.-хим. анализа АН СССР, 1927, т. 3, вып. 1, с. 15—17.

⁶ Куканов В. М. Процессы формирования сероводородных вод типа Мацесты. М.: Наука, 1968.

времени, внедрившимися в известняки артезианского бассейна после его тектонического оформления в виде блоково-складчатой структуры. Метаморфизация вод морского генезиса заключается в появлении углекислоты и сероводорода, в образовании продуктов их диссоциации (в процессах взаимодействия с породами и окисления), в изменении соотношения кальция и магния, в уменьшении сульфатов и увеличении таких характерных микрокомпонентов, как йод, аммоний, борная кислота. В реакции восстановления сульфатов принимают участие битумы, которые имеются в породах. В мацестинской воде обнаружены сульфатредуцирующие бактерии типа микро-спир.

Особенно большое значение в формировании сероводородных вод, по мнению ученого, имела физико-геологическая обстановка третичного времени, когда морские бассейны занимали несравненно большие площади и донная вода этих бассейнов могла проникать в трещины нижележащих известняков. В последующем первичные морские воды медленно отжимались к очагам разгрузки пресными водами краевых областей питания известняков, причем из нижних горизонтов артезианского бассейна (верхней юры и нижнего мела) они вытеснялись быстрее, благодаря чему воды этих горизонтов более опреснены, чем воды верхнего мела. На участке Старой Мацесты сероводородная вода подтягивается в местах выхода водоносного горизонта на поверхность в виде своеобразного языка «динамической залежи», хорошо оконтуренной в верхнемеловых известняках (39).

Таким образом, А. М. Овчинников рассматривал мацестинские сероводородные воды как эпигенетические (по отношению к известнякам) погребенные морские воды, несколько метаморфизованные в донных частях бассейна, в илах и осадках. В этой связи заслуживает внимания мысль А. Н. Бунеева, что часть мацестинских вод сформировалась за счет отжатия морского солевого комплекса палеогеновых отложений⁷.

Попытка расчета возраста мацестинских сероводородных вод делалась неоднократно. В работах А. М. Овчинникова [10, 19, 39] приведено значение абсолютного возраста вод, рассчитанного по гелиевому методу

⁷ Бунеев А. Н. К проблеме происхождения минеральных вод Мацесты.— Тр. Лаб. гидрогеол. пробл. им. акад. Ф. П. Саваренского, 1949, т. 11, с. 49—62.

В. П. Савченко. По этим данным возраст вод верхнемелового горизонта более древний, чем возраст вод нижележащего горизонта: для вод сенона — 37 млн. лет, а для вод баррема — 11—33 млн. лет. В работе М. С. Меркуловой возраст сероводородной воды по гелиевому методу оценен в 200 млн. лет⁸.

В аспекте проверки существующих гипотез о генезисе сероводородных вод по инициативе А. М. Овчинникова в МГРИ совместно с другими организациями был проведен комплекс исследований по определению содержания стабильных и радиоактивных изотопов в водах и породах Сочи-Адлерского артезианского бассейна. По Л. В. Горбушиной и В. Г. Тыминскому, возраст воды из юрских отложений оценен в 14 млн. лет, а из меловых — от 2,5 до 4,0 млн. лет, т. е. он оказался значительно меньше, чем был определен ранее гелиевым методом. Масс-спектрометрические определения дейтерия и кислорода-18 в подземных водах из областей питания бассейна и в водах Черного моря позволили сделать заключение, что сероводородные воды, приуроченные к юрским отложениям, являются древними погребенными водами морского генезиса, а воды меловых отложений — смешанными⁹.

О непрерывной инфильтрации пресных вод в глубокие горизонты бассейна указывают данные многолетних определений содержания радия в водах юрских отложений: его концентрация в них уменьшается, причем наиболее интенсивно при увеличении эксплуатации минеральных вод, что указывает на подтягивание пресных вод в артезианский бассейн.

Данные по содержанию стабильных и радиоактивных изотопов радия в водах юрских отложений подтверждают теорию А. М. Овчинникова, по которой мацестинские сероводородные воды относятся к древним погребенным морским водам, метаморфизованным в процессе геологической истории и смешивающимся с инфильтрационными водами.

Морской генезис этих вод говорит о том, что их ресурсы нельзя считать неограниченными. Следовательно, необходимо вести тщательный контроль за эксплуатацией месторождения и режимом воды. Несмотря на большие

⁸ Меркулова М. С. К вопросу об определении возраста вод Мацесты.— Докл. АН СССР, 1941, т. 31, с. 459.

⁹ Горбушина Л. В., Тыминский В. Г. Радиоактивные и стабильные изотопы в геологии и гидрогеологии. М.: Атомиздат, 1974. 99 с.

ресурсы мацестинских сероводородных вод, они постепенно оттесняются и разбавляются пресными «краевыми» водами, что может привести к истощению месторождения.

Кавказские минеральные воды. Район Кавказских минеральных вод является уникальным по обилию и разнообразию минеральных вод, по своему оригинальному геологическому строению и природным особенностям. Расположенный в месте примыкания Ставропольской возвышенности к северным склонам Большого Кавказа, он характеризуется наличием своеобразных изолированных гор — лакколитов, резко выступающих в рельефе степной равнины (Бештау, Машук, Железная и др). На крайнем юге района возвышается снежная громада потухшего вулкана Эльбрус. Под названием Кавказских минеральных вод объединяются курорты Кисловодск, Ессентуки, Пятигорск и Железноводск.

В геолого-структурном отношении весь район КМВ находится в пределах приподнятой эпигерцинской платформы Предкавказья. Палеозойские сложносмятые отложения образуют фундамент района КМВ, на котором с резким угловым несогласием залегают мезозойские отложения, обнаженные в виде ярко выраженных куэст, сложенных верхнеюрскими известняками, известняково-доломитовой толщей валанжина, верхнемеловыми известняками. Водоносные отложения в районе чередуются с относительно водоупорными свитами (альбские, майкопские глины). В результате сложной геологической истории, особенностей развития структуры (наличия поперечных поднятий) и рельефа создан асимметричный артезианский бассейн, который правильнее следует называть артезианским склоном. Южное полого выступающее крыло этого склона представляет собой область современного питания и создания напора, а погруженная часть — область напора с очагами естественной разгрузки на участках долин, в зонах северо-восточных поперечных трещин и сбросов. Сток и разгрузка подземных вод, т. е. появление естественных источников, происходят в местах контакта водоносных и водоупорных свит, причем в краевых частях артезианского склона, в полосе контактов, одновременно появляются нисходящие (область питания которых расположена на юге) и восходящие (обычно термоминеральные) источники, возникающие за счет вытеснения подземных вод из областей напора. К числу последних принадлежат Кисловодский нарзан и Ессентукские углекислые соляно-щелочные источники (рис. 3).

Весьма своеобразные условия разгрузки подземных вод создаются на лакколитах, которые в зависимости от их строения являются, с одной стороны, барражами для подземных вод, с другой — путями для подъема вод по сбросам, возникшим в результате внедрения магмы. Вследствие наличия третичных водоупорных свит и различной высоты эрозионного вреза не у всех лакколитов бывают выходы напорных термальных вод.

Наиболее крупные месторождения углекислых термальных и горячих вод приурочены к горе Машук (Пятигорск) и к горе Железной (Железноводск). Северные лакколиты КМВ дают уже выходы гидросульфидных азотных терм пиренейского типа. Здесь проходит граница распространения углекислых вод.

С точки зрения общей зональности минеральных вод Кавказа, установленной А. М. Овчинниковым [21] на основе комплексного анализа геологических и гидрогеологических признаков, КМВ представляют собой как бы сложное месторождение минеральных вод, приуроченное к северному выступу зоны углекислых вод Большого Кавказа. Этот район является в полном смысле «геохимическим узлом» (по А. Е. Ферсману¹⁰), где имеется несколько тектонических и климатических циклов. В этом «узле» с отчетливостью наблюдается наложение метаморфических и поствулканических процессов, связанных с выделением углекислоты, на процессы, протекающие в осадочных породах мезо-кайнозоя (диагенез, вытеснение морского солевого комплекса, выщелачивание и т. д.).

В результате своих исследований А. М. Овчинников пришел к выводу, что пресные и минеральные воды района КМВ заключены в одних и тех же комплексах и их распределение зависит от положения областей питания, напора и разгрузки. В местах разгрузки вод различной степени минерализации создаются единые депрессионные воронки: например, Кисловодский нарзан и Финкгейзеровский пресный источник расположены в пределах одной депрессионной воронки. Минеральные воды подтягиваются в виде «языков» из области напора. Подобные «языки» хорошо прослеживаются на участках Кисловодского и Эссентукского месторождений. Первая карта гидроизопьез с отображением депрессионной воронки на участке Кисловодского нарзана была построена в 1936 г. А. М. Овчин-

¹⁰ Ферсман А. Е. Геохимия.— Избр. тр. М.: Изд-во АН СССР, 1955, т. 3, с. 216.

никовым и Г. Н. Каменским, которые участвовали в экспертной комиссии по оценке результатов гидрогеологических работ, проводимых на КМВ [31].

Между минеральными и пресными водами создается промежуточная зона — «фронт», очертания которого довольно сложны и зависят от условий разгрузки минеральных вод и глубины залегания пресных вод. Границы зоны изменяются в процессе истории геологического развития района и в зависимости от природных и техногенных факторов.

Наиболее водообильные комплексы района КМВ — известняковые свиты верхней юры (лузитан—кимеридж), нижнего мела (валанжин) и верхнего мела (турон). Менее водообильны песчаники юры, титонская пестроцветная толща, песчаники апта и мергели палеогена. Водоупорными комплексами являются древний палеозойский фундамент, альбская глинистая толща и глины майкопа.

Химический состав минеральных вод района КМВ весьма разнообразен, но общая черта большинства вод — сравнительно невысокая величина их минерализации. Во многих случаях в химическом составе вод участвуют в равной мере почти все шесть главнейших компонентов: хлор, сульфаты, гидрокарбонаты, натрий, кальций и магний. Эта особенность отчетливо выделяет КМВ из таких районов минеральных вод, как Сочи-Мацеста или Боржоми. Здесь нет и типичных «хлор-кальциевых» вод, свойственных областям платформ и нефтяных месторождений. По газовому составу главнейшие минеральные источники КМВ являются углекислыми и содержат до 99,9 об. % свободной углекислоты; встречаются и азотные, азотно-метановые, метановые и азотно-кислородные воды (последние относятся к неглубоким грунтовым водам). В водах многих источников повышено содержание йода, брома, бора и других микроэлементов. В качестве специ-

Рис. 3. Схема месторождений углекислых вод района КМВ (по А. М. Овчинникову)

1 — трахилипариты; 2 — альбский глинистый водоупор; 3 — палеозойский фундамент. Типы месторождений: А — углекислые воды в зонах тектонических разрывов палеозойского фундамента; В — углекислые гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевые натриевые воды (нарзаны); С — то же, но горячие (местами с сероводородом); D — азотные гидрокарбонатно-хлоридные натриевые (вертикальный пунктир); E — эссенгукские углекислые воды (соляно-щелочные) — чередующийся вертикальный пунктир и сплошная линия; F — метановые хлоридно-натриевые воды с йодом и бромом. Rn — радоновые воды

фических особенностей газового состава следует особо выделить сероводород. А. М. Овчинников отмечает также интересную особенность минеральных вод по отношению K/Cl ; одна группа вод, связанная с лакколитами, богата калием, другая группа (в газовом составе которой играют роль азот и метан) характеризуется относительно низким содержанием калия. Сюда относятся солянощелочные воды третичных отложений (рис. 4).

Формирование столь разнообразных по химическому составу минеральных вод связано с наличием осадочных континентальных и морских отложений, откуда заимствуются основные ионы, в частности путем выщелачивания пестроцветных гипсоносных отложений. Большое влияние оказывает смешение видоизмененных вод морского типа с водами атмосферного происхождения. Внедрение трахитовой магмы внесло специфические черты и способствовало обогащению вод йодом, бромом и бором.

Разведочные работы показали, что между всеми месторождениями существует гидравлическая связь и весь район КМВ необходимо рассматривать как единую водонапорную систему. Поэтому каждая новая скважина влияет на изменение дебита других скважин и источников. Например, заложение глубоких скважин и выпуск минеральных вод на р. Подкумок у Эссентуков сказались на расходах скважин в Кисловодске. Создание новых крупных очагов разгрузки углекислых вод у с. Ново-Благодарного и у ст. Нагутской путем бурения глубоких скважин может повлиять на другие месторождения. Ввиду этого требуется установление общей зоны охраны и строгого наблюдения за режимом всех минеральных вод района КМВ.

Создание гидроминеральной базы курорта Нальчик.
Курорт Нальчик находится на территории Кабардино-Балкарской АССР, вблизи высочайшей в Европе горной

Рис. 4. Диаграмма химического состава минеральных вод района Кавказских минеральных вод, с нумерацией вод по схеме Н. И. Толстихина (по А. М. Овчинникову)

А — углекислые воды Центрального Кавказа; *Б* — горячие и термальные воды лакколитов КМВ; *В* — сульфатные воды верхнеюрской толщи; *Г* — нарзаны Кисловодского района; *Д* — азотные термальные воды краевых частей лакколитов; *Е* — углекислые воды эссентукского типа; *Ж* — соленые воды третичных отложений; *И* — магниевые воды коры выветривания серпентинитов; черные кружки — углекислые источники, светлые кружки — источники без углекислоты

вершины Эльбрус (5633 м). Он расположен в живописных предгорьях Главного Кавказского хребта и является базой высокогорного туризма, альпинизма и горнолыжного спорта. Из-за отсутствия гидроминеральной базы Нальчик ранее считался климатическим курортом местного значения. Особые климатические условия объясняются его положением на границе равнины и гор и мягким ландшафтом лесистых склонов.

После детального гидрогеологического обследования Нальчикского района (1951—1954) и теоретического обоснования возможности вскрытия горячих минеральных вод А. М. Овчинников предложил провести бурение в центре климатического курорта Нальчик. В результате бурения (до 3000 м) был выявлен и околонтурен Нальчикский многоэтажный артезианский бассейн и вскрыты большие ресурсы термальных вод. Этот бассейн является бассейном второго порядка и приурочен к глубокой Кабардинской краевой впадине. Передовые хребты — Терский и Сунженский, вытянутые в широтном направлении, ограничивают Нальчикский бассейн с севера и юго-востока. На востоке он граничит с Алхан-Чуртской котловиной, расположенной между указанными передовыми хребтами.

В геологическом строении артезианского бассейна принимают участие мезозойские и кайнозойские отложения, полого залегающие на древних палеозойских и частично докембрийских породах, образующих складчатый фундамент. Наблюдается моноклиналиное строение района, с общим погружением слоев в область Терско-Кумской депрессии. Мезо-кайнозойские отложения выходят на поверхность в виде полос северо-западного простирания, причем по направлению с юго-запада на северо-восток древние породы сменяются более молодыми.

Южное полого падающее крыло артезианского бассейна создает обширную область питания, а северное погруженное — область напора. Подземные воды по мере увеличения глубины залегания пород испытывают изменение гидродинамических условий, величины минерализации, солевого и газового состава, температурного режима. В направлении с запада на восток отмечается переход от активного водообмена к замедленному и соответственно от слабоминерализованных вод к хлоридным натриевым водам повышенной минерализации. В области погружения водопосных комплексов формируются метановые воды хлоридного натриевого состава с повышенным содержанием йода и брома, с температурой 80—85° С. В месте

стыка областей питания и разгрузки вод наряду с нисходящими источниками появляются восходящие. Закономерное изменение минерализации, химического и газового состава наблюдается и в вертикальном разрезе. В закрытой части бассейна формируются метановые воды хлоридного натриевого состава, которые относятся к морским седиментационным водам, а в области современной инфильтрации и создания напора — воды гидрокарбонатного кальциевого состава, относящиеся к инфильтрационным.

В Нальчикском артезианском бассейне наиболее ценными являются водоносные горизонты, приуроченные к песчаникам альба и известнякам валанжина. В песчаниках альба (глубина залегания водоносного горизонта 2285—2400 м) вскрыты метановые воды хлоридного натриевого состава с минерализацией 18 г/л и с повышенным содержанием бора, йода и брома. Дебит скважины составил 650 м³/сут, температура при самоизливе 80—84° С. Второй ценный водоносный горизонт приурочен к известнякам валанжина (глубина залегания водоносного горизонта 933—1165 м), где встречена термальная азотно-метановая вода, содержащая сероводород. Температура 45° С, дебит скважины 460 м³/сут.

Вначале термальные воды на курорте Нальчик использовались лишь в бальнеологических целях (ванны, бассейны, гидропатия). В настоящее время они широко используются для теплофикации и в теплично-парниковых хозяйствах.

Таким образом, в результате гидрогеологических исследований в Кабардино-Балкарской АССР, проведенных под научным руководством А. М. Овчинникова, была создана гидроминеральная база для курорта в Нальчике. Открытие Нальчикского артезианского бассейна, который представляет собой мощную водонапорную систему, является хорошим примером решения практических задач на основе широкого гидрогеологического подхода.

Гидрогеологические работы в Узбекистане. Летом 1961 г. по приглашению академика Х. М. Абдуллаева, видного ученого-геолога, президента Академии наук УзССР, А. М. Овчинников приехал в Ташкент. Здесь он был радушно встречен министром геологии Х. Т. Тулягановым и старыми друзьями грозных военных лет — учеными-геологами (академиками АН УзССР Г. А. Мавляновым и А. С. Уклонским, членом-корреспондентом

АН УзССР Н. А. Кенессариным, профессором М. М. Крыловым и др.).

Ученый выступил с докладами, где изложил свои идеи о создании гидрогеохимической карты, которая должна облегчить поиски месторождений полезных ископаемых Узбекистана, имеющего сложное геологическое строение и разнообразные гидрогеологические условия. «На территории Узбекистана,— писал ученый в 1967 г.,— обнаружены крупные бассейны подземных вод, месторождения термальных вод высокой минерализации, солей и промышленных рассолов, содержащих ценные химические компоненты — калий, бром, йод, литий, стронций, серу. Общеизвестно первостепенное значение Узбекистана как страны «белого золота» — хлопка, не говоря о других сельскохозяйственных культурах. Прирост добычи полезных ископаемых, расширение ирригационной сети требует проведения гидрогеологических работ на высоком научно-техническом уровне...» [131, с. 101].

А. М. Овчинников пересмотрел имеющиеся данные по геологии полезных ископаемых и химическому составу подземных вод Узбекистана с позиции новых научных отраслей гидрогеологии и предложил составить серию гидрогеохимических аналитических карт. При этом он широко пропагандировал достижения гидрогеологии в таких ее отраслях, как гидрогеохимия, палеогидрогеология, изотопная гидрогеология, моделирование, геохимия поровых растворов и др. Х. М. Абдуллаев сразу оценил значение идей ученого и оказал ему поддержку в проведении работ в Узбекистане.

Гидрогеохимические особенности Узбекистана определяются его расположением на Туранской эпигерцинской платформе, закончившей свое геосинклинальное развитие к концу палеозоя. Эта платформа характеризуется широким развитием гранодиоритовых интрузий. В мезо-кайнозойское время на территории платформы, за исключением приподнятых частей, были эпиконтинентальные бассейны. Отчетливо выделяются два структурных этажа. Нижний — палеозойский складчатый фундамент, представленный сильно метаморфизованными, дислоцированными породами; верхний — мезо-кайнозойский осадочный чехол, выраженный слабо метаморфизованными и в меньшей степени дислоцированными породами.

Палеозойский складчатый фундамент в приподнятых участках выходит на поверхность и образует горные хребты. В местах погружения под мезо-кайнозойский

чехол он находится на глубине до 10 км (Фергана, Южно-Таджикская депрессия). Альпийские деформации проявились главным образом в Южном и Восточном Узбекистане. В мезо-кайнозойском чехле наблюдается унаследованный характер развития основных структурных элементов палеозойского фундамента, что выражено в общей северо-западной ориентировке тектонических элементов. По характеру мезозойских нарушений можно судить о структуре палеозойского фундамента. На юго-востоке территории простирание структур меняется в соответствии с направлением альпийских деформаций.

В палеозойском фундаменте широко развиты гранитоидные интрузии, что в значительной мере определяет богатство Узбекистана рудными месторождениями. Эти интрузии имеют чаще всего вид лакколитов и пластообразных тел различных размеров. Рудные месторождения в пределах рудных поясов и зон подразделяются на группы, характеризующиеся специфическими водными ореолами рассеяния. На основе работ академика Б. Б. Польшова, профессоров А. И. Перельмана, М. А. Глазовской и других, создавших особую отрасль ландшафтоведения — геохимию ландшафта, под руководством А. М. Овчинникова была составлена карта ландшафтно-гидрогеохимической зональности. На ней нанесены зоны и пояса оруденения, в пределах которых при детальном исследовании можно обнаружить ореолы рассеяния тех или иных металлов. Ландшафтно-гидрогеохимическая карта служит целям поисков основных типов рудных месторождений Узбекистана.

В палеогидрогеологическом отношении территория Узбекистана весьма интересна. С одной стороны, здесь имеются области воздымания палеозойского фундамента, с другой — область устойчивого прогибания, особенно в западной части, где эти прогибания отчетливо проявлялись с юрского периода. Эти области стали местами, благоприятными для накопления битумов и образования залежей нефти и газа. С этой точки зрения наиболее перспективна Амударьинская водонапорная система. Для рудных же минералов основные скопления связываются с выступающими палеозойскими массивами, особенно в зонах гранитных интрузий.

Первым интересным опытом анализа палеогидрогеологических условий, обусловивших формирование одного из месторождений редких элементов в Средней Азии, может считаться работа академика А. Е. Ферсмана «Гео-

химические и минералогические методы поисков полезных ископаемых» (1939). Рассматривая изменение характера отложений на стенках карстовых каналов, А. Е. Ферсман установил фазы изменения гидрогеологических условий, сопровождающиеся изменением температуры подземных вод. Фаза привноса редких элементов характеризовалась повышенной температурой воды, что свидетельствует о разгрузке восходящих напорных вод.

Выдвинутые ранее А. М. Овчинниковым основные положения о том, что месторождения нефти, газа, серы и полиметаллических руд связаны с древними очагами разгрузки подземных вод, подтвердились на примере Узбекистана. При палеогидрогеологическом анализе эти очаги учитывались.

Опыт составления палеогидрогеологических карт Узбекистана, выполненных под руководством А. М. Овчинникова, показал, что для работы над ними необходим прежде всего тщательный анализ современных ландшафтно-геохимических, геолого-тектонических, палеогидрогеологических условий того бассейна, для которого эти карты предназначаются. Особенно большое значение приобретает создание карты динамики подземных вод с пересчетом уровней и приведенных давлений (по пьезограммам, полученным в скважинах). При анализе динамики подземных вод важно выбрать наиболее представительные водоносные комплексы и горизонты, определить «фронт» внедрения инфильтрационных вод и изменение направления движения вод. Часто направление подземных вод в период формирования залежи не совпадает с современным направлением. Требуется полноценная гидрогеохимическая интерпретация данных по скважинам и источникам с тем, чтобы были установлены древние и современные (открытые и скрытые) очаги разгрузки напорных вод.

В процессе работ над гидрогеохимической картой был систематизирован и обобщен материал многочисленных организаций и произведен всесторонний анализ геологических, гидрогеологических и гидрогеохимических данных. В целях удобства обработки, систематизации и для наглядного изображения полученных результатов применялся метод составления параллельных карт (системный анализ). По Узбекистану составлено двадцать различных гидрогеохимических, палеогидрогеологических, геологических и геохимических карт и серия карт по различным месторождениям республики. В итоге под руководством А. М. Овчинникова была изготовлена

прогнозная гидрогеохимическая карта, обеспечивавшая в республике целенаправленные поиски полезных ископаемых (твердых, жидких, газа) и подземных вод, в том числе минеральных.

Связь с Узбекистаном А. М. Овчинников не прерывал до конца жизни. Организованные им совместные исследования кафедры гидрогеологии и радиогидрогеологии МГРИ и Узбекского гидрогеологического треста (ныне научно-производственное объединение Узбекгидрогеология) стали примером плодотворного творческого сотрудничества представителей московской гидрогеологической школы и ученых Средней Азии. А. М. Овчинников способствовал научному росту национальных кадров Узбекистана. Среди его учеников и последователей — доктора геолого-минералогических наук Н. Н. Ходжибаев, А. С. Хасанов, А. Н. Султанходжаев, Г. В. Куликов, кандидаты геолого-минералогических наук В. Б. Адилев, Б. Б. Адылов, Д. С. Ибрагимов, Д. С. Мукимова и др.

Водонапорные системы земной коры и очаги разгрузки подземных вод

Гидрогеологические условия различных районов, несмотря на многие общие закономерности, имеют свои особые черты. Это объясняется сложным сочетанием различных факторов. При сходной геологической структуре районы могут находиться в различных климатических условиях (с многолетней мерзлотой и без мерзлоты, в гумидной или аридной зоне и т. п.). Каждый район отличается условиями поверхностного и подземного стока, типом разгрузки подземных вод, гидрогеохимической зональностью, геотермикой, наличием или отсутствием магматических процессов, неотектоникой и другими природными особенностями. Большие изменения в режим подземных вод вносят крупные гидротехнические сооружения и интенсивная эксплуатация подземных вод. Количественная оценка подземных вод требует более точного представления о приходе и расходе вод, т. е. о балансе вод, и поэтому необходимо получать точные данные об элементах баланса в пределах определенного гидрогеологического района.

А. М. Овчинников считал, что условия распространения подземных вод не всегда укладываются в широко известные понятия «артезианский бассейн» и «грунтовый бассейн». В природе, подчеркивал ученый, очень редко

можно встретить идеальную мультобразную схему с хорошо оконтуренными областями питания, напора и стока. Большинство бассейнов являются асимметричными (т. е. типа артезианского склона) с разнообразными очагами разгрузки (закрытыми, открытыми и т. д.) [101]. Пересмотрев старое понятие «область питания», он пришел к заключению, что современные области питания в артезианских бассейнах являются областями создания напора, причем напор может передаваться и через относительно водоупорные свиты. Все это заставило А. М. Овчинникова предложить обобщающий термин для различных бассейнов подземных вод — «водонапорная система». Этим термином уже ранее в подземной гидравлике обозначались подземные резервуары, заключающие нефть, газ и подземную воду¹¹.

Под «водонапорной системой» ученый понимал бассейны подземных вод, приуроченные к одной или нескольким геологическим структурам, включающим области современного питания и разгрузки. Границы водонапорных систем устанавливаются как по тектоническим, так и по геоморфологическим признакам, с учетом очень многих других факторов, часто наблюдаются промежуточные зоны между двумя водонапорными системами. Во многих бассейнах происходит перелив воды из одной системы в другую, поэтому нужно иметь в виду, что все водонапорные системы земной коры так или иначе взаимосвязаны и только в редких случаях изолированы друг от друга. Глубина залегания основания водонапорных систем в платформенных областях определяется положением древнего кристаллического фундамента, но местами трещиноватая поверхность этого фундамента бывает также водоносной. В каждой водонапорной системе имеется различный «набор формаций», который показывает водообильность системы. Наблюдаются «одноэтажные», «двухэтажные» и «многоэтажные» бассейны подземных вод, разделенные водоупорными пластами. При наличии несогласного залегания пород в вышележащей толще создается так называемый «наложенный» бассейн. Во всех случаях можно выделить главные и второстепенные области питания и создания напора, определить положение участков стока и разгрузки подземных вод.

¹¹ Пылачев Г. Б., Целкачев В. Н. Интерференция скважин и теория пластовых водонапорных систем. М.: Гостоптехиздат, 1939.

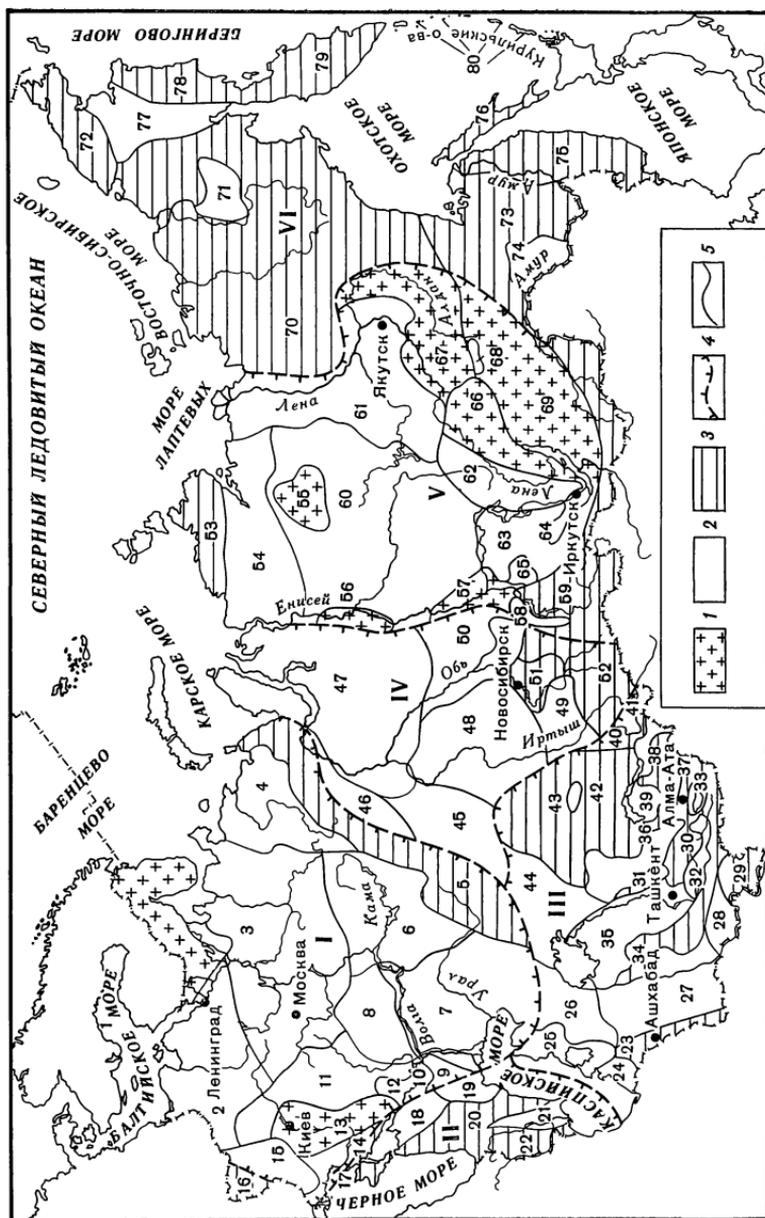
Ясное представление о гидродинамической сетке водонапорных систем позволяет наметить направление движения подземных вод, которое для различных этажей некоторых «многоэтажных» бассейнов может значительно отличаться. Например, в артезианском бассейне Московской синеклизы сток подземных вод в водоносных горизонтах перми в основном направлен в сторону Белого моря, вод карбона — в сторону р. Волги, т. е. Каспийского моря, а сток вод девона и более глубоких горизонтов — в сторону Балтийского моря. В пределах Днепровско-Донецкой впадины выделяются два артезианских бассейна — Днепровский (Северо-Украинский) и Донецко-Донской. В первом движение и разгрузка подземных вод происходят в сторону долины р. Днепра, во втором — в сторону р. Дона.

Связанные друг с другом водонапорные системы по ряду признаков (геологических, физико-географических, геоморфологических) могут быть объединены в крупные гидрогеологические области, которые различаются по характеру и направлению поверхностного и подземного стока.

А. М. Овчинников выделил шесть главных типов водонапорных систем: 1) крупные артезианские бассейны платформенных областей; 2) средние артезианские бассейны межгорных впадин и краевых прогибов; 3) малые «наложенные» бассейны; 4) системы трещинных вод массивов кристаллических и метаморфических пород; 5) сочлененные бассейны горных сооружений; 6) субартезианские бассейны и потоки подземных вод в мощных четвертичных накоплениях. Характеристика главнейших типов водонапорных систем дана в табл. 2.

Большое значение имеет выделение бассейнов по структурным этажам. Следует различать *основные* бассейны нижнего структурного этажа (докембрийского, палеозойского) и *наложенные* бассейны верхних структурных этажей (мезо-кайнозойского, четвертичного), обычно встречаемые в горно-складчатых сооружениях или по их окраинам.

Для территории Советского Союза ученый выделил следующие гидрогеологические области: Русская платформа и Урал; зона альпийской складчатости Юга СССР (Карпаты, Крым, Кавказ); Средняя Азия и Восточный Казахстан — территория, охватывающая гидрогеологические районы аридной зоны, полузасушливые районы и горные хребты, влияющие на питание подземных вод рав-



нинных областей: Западно-Сибирская низменность и прилегающие районы Горного Алтая; Восточно-Сибирская платформа с широким развитием траппов, с многолетней мерзлотой и прилегающие к ней горные массивы: Енисейский кряж, Саяны, Прибайкалье и Забайкалье; Верхояно-Колымская горная система и Дальний Восток — зоны мезозойской и альпийской складчатости с районами современного вулканизма: Камчатка, Курильские острова (рис. 5).

Каждая выделенная гидрогеологическая область включает несколько водонапорных систем, которые ученый рассматривает как гидрогеологические районы первого порядка. Внутри водонапорных систем первого порядка довольно отчетливо выделяются районы второго порядка, а внутри последних намечаются отдельные их части. Например, хорошо выделяется артезианский бассейн Московской синеклизы (район первого порядка) и в нем — три бассейна второго порядка: южный бассейн в девонских отложениях (склон Воронежского массива), Московский артезианский бассейн в каменноугольных отложениях, северный бассейн с развитием пермских отложений. Внутри Московского бассейна могут быть выделены центральная, южная и северная зоны.

В пределах Советского Союза А. М. Овчинников выделяет 80 водонапорных систем (районов первого порядка), которые распределены в шести вышеперечисленных гидрогеологических областях: в первой — 15 районов, во второй — 7, в третьей — 22, в четвертой — 8, в пятой — 17 и в шестой — 11 (табл. 3).

Все водонапорные системы земной коры, представляющие собой бассейны подземных вод различных размеров, приурочены к самым разнообразным геологическим структурам, отличаются особенностью питания и разгрузки подземных вод. Движение вод в этих системах подчиняется законам подземной гидравлики, причем гидростатический напор, создающийся на повышенных участках

Рис. 5. Схема гидрогеологического районирования СССР (по А. М. Овчинникову)

1 — бассейны трещинных вод в выступающих древних массивах; 2 — артезианские бассейны, склоны платформ и межгорных впадин; 3 — сочлененные бассейны горно-складчатых сооружений; 4 — границы гидрогеологических областей; 5 — границы водонапорных систем. Римские цифры — гидрогеологические области, арабские цифры — водонапорные системы

бассейна, передается на всю систему. С этой точки зрения ни «давление газов», ни какой-либо иной фактор, предполагаемый на глубине, не имеет решающего значения в миграции подземных растворов. К этому ученый добавляет, что в природе нет абсолютно водонепроницаемых свит и напор передается даже через водоупорные глинистые толщи.

А. М. Овчинников пришел к выводу [138], что от соотношения между положением областей современного питания и стока, или разгрузки подземных вод на поверхность земли, от характера пород и состава вод зависит величина градиента, определяющая движение подземных вод. Ввиду этого необходимо отчетливо представлять *гидродинамическую сетку* движения вод, так как в водонапорных системах наблюдаются сложные пути движения воды к пониженным участкам рельефа, где создаются «очаги разгрузки». Термин «очаги разгрузки» ученый ввел вместо «восходящие источники»: новый термин более точно, с его точки зрения, отражает сущность динамики подземных вод. В очагах разгрузки, создавшихся при благоприятном сочетании тектонических, литологических, геоморфологических и гидрогеологических факторов, где происходит истечение воды под напором на земную поверхность, образуются «открытые» очаги разгрузки. В местах, где напор ниже поверхности земли, видимой разгрузки вод не происходит и возникают «закрытые» очаги разгрузки. Часто очаги разгрузки вод скрыты под аллювиальными отложениями, и обнаружить их можно лишь с помощью геофизических методов. В каждом очаге разгрузки создается депрессионная воронка, и изопьезы могут хорошо ее оконтурить. В центре воронки должен находиться *пъезоминимум*, к которому направлено движение вод в данной водонапорной системе. Так как в этих системах господствует и геостатическое и гидростатическое давление, то воронки отражают суммарный эффект различных режимов. К участкам пьезоминимумов движутся воды вместе с растворенными в них химическими элементами и соединениями, в том числе и органическими веществами.

В 1947 г. А. М. Овчинников впервые сформулировал основные принципы применения гидрогеологических критериев к поискам месторождений полезных ископаемых, выделив особенности четырех групп залежей: нефть и газ, соли, полиметаллы, рассеянные элементы [32]. Гидрогеологические методы поисков, являясь наиболее

глубинными, позволили обнаружить скрытые залежи и «слепые» рудные жилы.

По мнению ученого, места концентрации химических элементов и органических веществ тяготеют к определенным участкам водонапорных систем и благоприятным коллекторам тех или иных геологических структур. В связи с этим надо знать расположение и количество очагов разгрузки в изучаемой водонапорной системе, иначе нельзя будет определить их радиус влияния, модуль подземного стока и условия обогащения вод. Гидрогеологическое изучение и буровые работы показали, что количество открытых очагов разгрузки подземных вод намного меньше скрытых. Крупные очаги обычно возникают при наличии тектонического разлома, глубокого эрозионного вреза и благоприятных фациальных условий. Закрытые очаги разгрузки — это субфлювиальные очаги, питающие грунтовые потоки речных долин и местами сами реки; субмаринные выходы вод, возникающие на прибрежных участках морей; площадные, распыленные разгрузки напорных вод через кровлю относительно водоупорных свит. А. М. Овчинников подразделил очаги разгрузки по их генезису на следующие подтипы; эрозионный, при глубоком врезании речных долин или озерных котловин; структурный, при наличии зоны разломов, куполов и т. д.; барьерный, широко распространенный при возникновении различных препятствий на пути движения вод. Выделен также промежуточный подтип — структурно-барьерный. В настоящее время создаются многочисленные *искусственные* очаги разгрузки (скважины, колодцы, горные выработки). Для платформенных условий характерно очаговое расположение участков разгрузок, в то время как для горно-складчатых сооружений ярко выражено линейное расположение.

В зависимости от глубины залегания очагов разгрузки к ним подходят воды из различных зон: интенсивного, замедленного и весьма замедленного водообмена. Эти очаги ученый рассматривал как своеобразные природные «геохимические лаборатории», в которых происходит смешение вод различных химических типов, различных обстановок (окислительной, восстановительной, метаморфической), различных температур и создаются самые благоприятные условия для формирования залежей полезных ископаемых. Однако для образования более или менее крупных залежей полезных ископаемых необходимо, чтобы очаг разгрузки существовал длительное время

и, кроме того, происходили медленные колебательные движения земной коры, в процессе которых происходит миграция «фронта» различных обстановок. По данным А. И. Перельмана, от этих процессов зависит ширина полосы обогащения, или «геохимического барьера»¹².

Следует различать древние и современные очаги разгрузки. Первые, по существу, проявляются в виде месторождений полезных ископаемых (нефтяных, газовых, рудных, серы и др.). Что касается современных очагов, то они могут быть как естественными (открытыми и закрытыми), так и искусственными. В свою очередь, открытые очаги разгрузки подразделяются на эрозионные, барьерные и структурно-тектонические, а закрытые — на внешние и внутренние. Последние возникают в местах несогласного залегания свит, на участках «фациальных окон», в куполах и т. п. Особым типом разгрузки подземных вод может считаться «гидровулканизм», т. е. разгрузка вод, формирующихся вблизи очагов действующих вулканов (фумарольные термы и гейзеры). Типы очагов разгрузки напорных вод даны в табл. 4.

В пределах водонапорных систем имеется гидрогеохимическая зональность, выраженная в закономерном изменении состава и минерализации подземных вод. Н. К. Игнатович¹³, один из первых гидрогеологов сформулировал закономерности регионального распространения подземных вод и установил зональность их в зависимости от интенсивности водообмена. Он выделил верхнюю зону интенсивного водообмена (воды современные, преимущественно пресные), среднюю зону замедленного водообмена (воды древние, преимущественно минерализованные), нижнюю зону весьма замедленного водообмена (воды очень древние, преимущественно высокоминерализованные — рассолы). Эта зональность лучше всего наблюдается в крупных артезианских бассейнах платформенных областей и отражает особенности геологической истории этих бассейнов. Однако схемы гидрогеохимической зональности и распределение зон отдельных бассейнов могут значительно изменяться, особенно в горных областях, где иногда ниже высокоминерализованных вод вскрываются воды меньшей минерализации, но повышенной температурой.

¹² Перельман А. И. Геохимия эпигенетических процессов. М.: Недра, 1965. 272 с.

¹³ Игнатович Н. К. О закономерностях распространения и формирования подземных вод.— Докл. АН СССР, 1944, т. 45, с. 133—136.

По мнению А. М. Овчинникова, подземная гидросфера довольно строго ограничивает пределы распространения скоплений подземных вод и вместе с тем не дает оснований для предположений о больших масштабах современного возникновения воды на Земле. Не отрицая, что небольшая часть воды может вновь образовываться и сейчас в глубоких зонах земной коры, вплоть до мантии, он считает, что ныне существующие подземные воды появились в результате длительной эволюции земной коры, причем немаловажную роль в их формировании играли биологические процессы. Ученый пришел к выводу, что в пределах каждой водонапорной системы заключены те или иные месторождения полезных ископаемых [135]. Он был убежден, что анализ гидрогеохимической зональности бассейна с тщательным учетом газового и химического состава подземных вод, содержания редких и радиоактивных элементов, органических веществ может позволить сделать важные выводы в отношении поисков полезных ископаемых [114].

Таким образом, очаги разгрузки напорных вод следует анализировать с применением методов палеогидрогеологии, изучая палеогеографическую и палеотектоническую обстановку, в которой они создались. При этом, по мысли А. М. Овчинникова, нужно использовать все имеющиеся методы: изучение возраста подземных вод, определение пропорции смеси вод различных типов, анализ поровых растворов, отжатых при большом давлении, применение моделирования и т. п.

Палеогидрогеология

Палеогидрогеология представляет собой новую, формирующуюся отрасль геологических знаний, изучающую древние гидрогеологические условия бассейнов подземных вод и их развитие в течение геологического времени. Впервые понятие об «ископаемой гидрогеологии», или палеогидрогеологии, ввел и обосновал П. Н. Чирвинский¹⁴. Позднее на необходимость изучения «исторической гидрогеологии» указывал К. И. Маков¹⁵, метод восстановления геологической истории водоносных горизонтов с позиции гидрогеологических циклов предложил

¹⁴ Чирвинский П. Н. Палеогидрогеология.— Пробл. сов. геологии, 1933, № 8, с. 74.

¹⁵ Маков К. И. К вопросу о геологической истории подземных вод Причерноморья.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1939, № 6, с. 18—23.

А. Н. Семихатов¹⁶. Впоследствии методы палеогидрогеологического анализа применялись и разрабатывались для решения различных гидрогеологических задач С. А. Шагоянцем¹⁷, А. И. Силиным-Бекчуриным¹⁸, Н. К. Игнатовичем¹⁹ и другими гидрогеологами. Со специальным уклоном в сторону оценки перспектив нефтегазоносности такие исследования были осуществлены М. А. Гатальским²⁰, Б. Ф. Маврицким²¹, А. А. Карцевым, С. Б. Вагиным, Е. А. Басковым²².

Палеогидрогеология непосредственно вытекает из достижений советской гидрогеологии, рассматривающей природные подземные воды как результат сложного исторического процесса. Первая научная конференция по палеогидрогеологии, проходившая в г. Ашхабаде в 1966 г., сыграла большую роль в становлении новой отрасли науки и впервые сформулировала ее содержание: палеогидрогеология — научная отрасль гидрогеологии, изучающая историю развития водонапорных систем земной коры в целях выяснения закономерностей миграции и концентрации химических элементов, органических веществ и направленная на обеспечение наиболее экономически эффективных методов поисков месторождений полезных ископаемых и подземных вод.

А. М. Овчинников пришел к выводу, что палеогидрогеология на основе изучения современных водонапорных систем и гидрогеохимического анализа всех формаций, образующих эти системы, лучше других методов позволяет определять участки, куда была направлена главная миграция химических элементов и где создава-

¹⁶ Семихатов А. Н. О гидрогеологических циклах.— Докл. АН СССР, 1947, с. 56, с. 214—217.

¹⁷ Шагоянц С. А. Палеогидрогеологическая схема формирования подземных вод центральной и восточной частей Северного Кавказа.— Тр. Лаб. гидрогеол. пробл. АН СССР, 1949, т. 6, с. 19—21.

¹⁸ Силин-Бекчурин А. И. Гидрохимическая зональность подземных вод Прикаспийской синеклизы.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1952, № 4, с. 20—23.

¹⁹ Игнатович Н. К. Зональность, формирование и деятельность подземных вод в связи с развитием геоструктуры.— Вопр. гидрогеологии и инж. геологии, 1950, вып. 13, с. 27—29.

²⁰ Гатальский М. А. Палеогидрогеология и ее значение при изучении нефтеносных областей. М.: Гостоптехиздат, 1951.

²¹ Маврицкий Б. Ф. Краткая палеогидрогеологическая характеристика Западно-Сибирского артезианского бассейна.— В кн.: Проблемы гидрогеологии. М.: Госгеолтехиздат, 1960, с. 31—34.

²² Карцев А. А., Вагин С. Б., Басков Е. А. Палеогидрогеология. М.: Недра, 1969.

лись наиболее благоприятные условия для их накопления [126]. Для хорошего практического результата необходимы широкий геологический подход к вопросам поисков, ясное представление о водонапорной системе, в которой находится полезное ископаемое, и умелое комплексирование геохимических и геофизических методов. Палеогидрогеологическое изучение базируется на тщательном анализе геологии и литологии современных водонапорных систем и эпигенетических процессов, которые связаны с деятельностью подземных вод. Однако этим изучение не ограничивается: кроме анализа следов деятельности подземных вод (минералов, выделений, натеков, травертинов и т. п.), современные достижения гидрогеологии позволяют воссоздавать и динамику водонапорных систем. С этой точки зрения понятие «палеогидрогеология» значительно шире того, которое дал П. Н. Чирвинский в 1933 г. в своей статье «Палеогидрогеология».

По А. М. Овчинникову, основная задача палеогидрогеологических методов — изучение водонапорных систем и анализ их современной динамики и гидрогеохимии в целях восстановления картины палеодинамики и палеогидрогеохимии для периодов формирования залежей полезных ископаемых. Важнейшим вопросом палеогидрогеологии ученый считал также правильную оценку роли геостатического и гидростатического давлений в процессе развития водонапорных систем. При колебательных движениях земной коры и при образовании складчатых водонапорных систем сочетание геостатического и гидростатического давлений может быть очень сложным, и наиболее благоприятные условия для образования залежей создаются в пограничной «фронтальной» полосе между участками гидравлического и геостатического (компрессионного) режимов.

Теперь уже хорошо известно большое значение древних и современных очагов разгрузок подземных вод, представляющих «геохимические барьеры»²³, где на границе окислительной и восстановительной обстановок происходило накопление ценных элементов, вплоть до образования рудных залежей. Как правило, все нефтяные и газовые залежи связаны с участками пониженных давлений, т. е. с местами ловушек в сфере скрытых оча-

²³ Перельман А. И. Геохимия эпигенетических процессов: (Зона гипсргенеза). 3-е изд. М.: Недра, 1968. 318 с.

гов разгрузки напорных вод. А. М. Овчинников пришел к выводу, что большинство крупных нефтяных и газовых залежей приурочено к фронтальной пограничной полосе между областью распространения инфильтрационных и седиментационных вод, причем места залежей находятся непосредственно в очагах разгрузки напорных вод. Так как типов очагов разгрузки много, то и условия для локализации битумов и углеводородов весьма разнообразны. Наилучшие условия для создания залежей полезных ископаемых — благоприятное сочетание различных факторов в очагах затрудненной разгрузки напорных вод при совместном воздействии компрессионного и гидравлического режимов. Оценивая перспективность использования той или иной залежи нефти и газа, кроме анализа геологических и гидрогеологических условий, коллекторских свойств и палеодинамики, необходимо учитывать размеры бассейна, в котором формируется залежь, возможное количество очагов разгрузки, историю развития бассейна, модуль подземного стока.

А. М. Овчинников выделил три вида исследований, применяемых при палеогидрогеологическом анализе.

1. Изучение поровых растворов, отжимаемых при больших давлениях (не менее $20\,000\text{ кг/см}^2$), и их подробный анализ, что позволяет получить данные о составе древних вод, заключенных в горных породах. Методика отжимания в настоящее время хорошо разработана П. А. Крюковым²⁴, и применение этого метода дало положительные результаты (исследования В. В. Красинцевой²⁵, А. Е. Бабинца²⁶, Н. П. Затенацкой²⁷ и др.). П. А. Крюков обращает внимание на связь общей минерализации растворов с минералого-петрографическим составом пород и на то, что по концентрации растворов,

²⁴ Крюков П. А. Некоторые вопросы исследования горных растворов.— В кн.: Химия земной коры. М.: Наука, 1964, т. 2, с. 164—201.

²⁵ Красинцева В. В., Борщевский Г. А., Алешина А. К. О значении изучения поровых растворов для выяснения процессов формирования подземных вод Западно-Туркменского артезианского бассейна.— В кн.: Геохимия подземных вод некоторых районов Туркмении и Узбекистана. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 220—241.

²⁶ Бабинец А. Е. Результаты изучения поровых растворов глинистых пород Украины с целью выяснения их значения в формировании подземных вод.— В кн.: Тр. Укр. гидрогеол. совещ. Киев: Изд-во АН УССР, 1961, т. 1, с. 199—206.

²⁷ Затенацкая Н. П. Поровые воды осадочных пород. М.: Наука, 1974. 158 с.

заклученных в песчанистых породах и в доломитах, можно определить соленость бассейна осадконакопления. Поровые (горные) растворы тесно связаны с коллоидным комплексом и твердым скелетом горных пород. Они представляют собой сложные ионно-молекулярные растворы различного изотопного состава, заключающие газы, микроэлементы, радиоактивные элементы и органические вещества. Их состав зависит от взаимодействия воды и горной породы, геологической истории изучаемого района, глубины залегания, степени промытости пород (зоны водообмена) и термодинамических условий.

К этому виду исследований можно отнести изучение газово-жидких включений в минералах, состав которых отражает природную среду, где происходила кристаллизация (работы в области термобарогеохимии Н. И. Хитарова²⁸, Н. П. Ермакова²⁹, Г. Г. Леммлейна, А. И. Захарченко³⁰ и др.). Интерпретация полученных данных с гидрогеологических позиций объясняет условия их образования, которые связываются с гидрогеохимической зональностью водонапорных систем. Во всех случаях удается установить сходство газово-жидких включений с составом растворов, которые являлись средой минералообразования. Чаще всего это глубинные рассолы, имеющие хлоридный кальциево-натриевый состав, обычно характерный для нижней зоны весьма замедленного водообмена.

2. Составление палеогидрогеологических карт и разрезов, выделение инфильтрационного и седиментационного этапов и построение древних изопьез с выделением пьезоминимумов, которые характерны для участков скопления полезного ископаемого. Этот метод плодотворно применяется в области нефтяной гидрогеологии (С. Б. Вагин, А. А. Карцев, Я. А. Ходжакулиев и др.)³¹.

²⁸ Хитаров Н. И. Химическая природа растворов, возникающих в результате взаимодействия воды с горными породами при повышенных температурах и давлениях.— *Геохимия*, 1957, № 6, с. 481—492.

²⁹ Ермаков Н. П. Значение исследований включений в минералах для теории рудообразования и учения о минералообразующей среде.— *Тр. ВНИИП*, 1957, т. 1, вып. 2, с. 16—19.

³⁰ Захарченко А. И. Минералообразующие растворы и генезис кварцевых жил.— *Материалы ВСЕГЕИ*. Н. С., 1955, вып. 6, с. 36—38.

³¹ Вагин С. Б., Карцев А. А., Ходжакулиев Я. А. Палеогидрогеологические условия нефтегазонакопления в мезозойских отложениях эпигерцинской платформы запада Средней Азии.— *Нефт. и газовая пром-сть Ср. Азии*, 1961, № 6, с. 73—75.

Весьма важно выделять поднимающиеся и погружающиеся участки водонапорных систем и правильно оценивать роль геостатического и гидравлического давления.

Гидрогеологический цикл начинается с погружения и трансгрессии. При погружении накапливаются седиментационные воды, при поднятии — инфильтрационные, которые постепенно вытесняют и замещают седиментационные. Затем начинается следующий гидрогеологический цикл. На основе анализа геологической истории и литологии составляется схема гидрогеологических циклов. Число циклов водообмена в течение седиментационного этапа определяется на основе данных о мощности отложений, покрывающих изучаемую толщу, о современной мощности и площади развития глин и песчаников, о современной глубине залегания изучаемой толщи. Зависимость пористости глин от глубины их погружения можно устанавливать по известному, несколько уточненному графику Н. Б. Вассоевича³². Попытку количественного учета воды, отжимаемой из глин при изменениях пористости, для Среднерусского артезианского бассейна впервые сделал Ю. В. Мухин³³.

3. Определение возраста подземных вод. Методы определения возраста вод все больше уточняются, несмотря на всю сложность этой проблемы. Во многих бассейнах ежегодно увеличивается отбор подземных вод, и, чтобы своевременно были приняты рациональные меры охраны их, необходимо иметь точную количественную оценку запасов. Впервые составление изолиний возраста вод было предпринято в 1968 г. под руководством А. М. Овчинникова в Ташкентском артезианском бассейне (Л. В. Горбушина, Н. А. Салменкова, В. Г. Тыминский). Изолинии возраста оконтуривают центральные участки артезианского бассейна, возраст напорных вод которых определяется в 3—4 млн. лет., и краевые, где вода имеет возраст 1000 и менее лет. Пропорция смеси вод различного происхождения выявлялась по содержанию дейтерия. Последний оказался хорошим критерием для построения «фронта» между инфильтрационными водами,

³² Вассоевич Н. Б. Опыт построения типовой кривой гравитационного уплотнения глинистых осадков.— *Новости нефт. техники. Сер. геол.*, 1960, вып. 4, с. 21—22.

³³ Мухин Ю. В. О перспективах газонефтеносности Средне-Русского артезианского бассейна.— В кн.: *Геология газоносных районов СССР*. М.: Недра, 1964, с. 91—93.

несущими кислород, и более глубокими бескислородными термальными водами.

Определением возраста подземных вод стали заниматься и за рубежом, хотя приоритет в постановке этой проблемы принадлежит советским специалистам. В 1965 г. очередная сессия Международной ассоциации гидрогеологов, состоявшаяся в ФРГ, включила в свою программу рассмотрение методов определения возраста подземных вод.

По мнению А. М. Овчинникова, для дальнейшего развития палеогидрогеологии необходимо изучать не только горные породы как твердый скелет минералого-петрографическим методом, но и газовой-жидкие включения, а также поровые растворы с определением в них редких газов, микроэлементов, органических веществ и изотопов; разрабатывать более точные методы гидродинамического анализа водонапорных систем с применением моделирования с тем, чтобы воссоздать картину палеодинамики вод; определять возраст подземных вод, применяя все методы анализа водонапорных систем (подземную гидравлику, изотопный и водно-гелиевый методы); совершенствовать методику построения палеогидрогеологических карт с тем, чтобы на них была лучше отражена динамика подземных вод (палеоизоэпезы, древние очаги разгрузки и т. п.). Это позволит точнее определять места скопления ценных химических элементов (табл. 5). Палеогидрогеологический анализ поможет восстановить обстановку движения растворов во время образования рудной залежи и решить вопрос о генезисе гидротермальных, инфильтрационно-осадочных и некоторых других типов месторождений.

Гидрогеохимия

Велика роль А. М. Овчинникова в становлении и развитии новой научной отрасли гидрогеологии — гидрогеохимии, создавшейся на грани гидрогеологии и геохимии. Истоки этой отрасли можно найти в работах академика В. И. Вернадского, впервые обратившего внимание на значение подземных вод в миграции и концентрации многих химических элементов. Заслуги В. И. Вернадского в развитии учения о подземных водах огромны. Являясь учеником выдающегося русского почвоведов В. В. Докучаева, разработавшего на рубеже XIX—XX вв. учение о зонах природы, В. И. Вернадский создал основы генетической минералогии и может считаться основоположни-

ком новых отраслей науки — геохимии и биогеохимии. Он первым из ученых установил значение радиоактивных процессов для познания истории развития земной коры и создал радиогеологию. В. И. Вернадский заложил геохимические основы учения о природных водах и рассмотрел единство природных вод нашей планеты в тесной взаимосвязи различных видов природных вод.

Как пишет А. М. Овчинников в своей книге «Гидрогеохимия» [143], термин «гидрогеохимия» впервые появился в литературе в 1938 г., когда руководимый им коллектив гидрогеологов Центрального института курортологии (А. Н. Бунеев, В. В. Иванов, Н. С. Пчелин, В. В. Штильмарк, Л. А. Яроцкий) изучал закономерности распространения минеральных вод и составлял карту минеральных вод СССР. В процессе работы над картой стало очевидным, что простое сопоставление горных пород и подземных вод не всегда может дать ответ на вопрос о формировании состава последних: разные породы, находясь длительное время под воздействием одних и тех же факторов (например, атмосферных вод), могут в конце концов привести к образованию однотипных подземных вод. Отсюда родилась идея о гидрогеохимических процессах и о необходимости более углубленного их изучения. Так в нашу литературу вошел термин «гидрогеохимия», получивший всеобщее признание, особенно когда выяснилась большая роль гидрогеохимии в деле поисков новых месторождений полезных ископаемых. Применение гидрогеохимических методов поисков полезных ископаемых показало, что обогащение подземных вод теми или иными элементами происходит в результате не только процессов диффузии, но и движения подземных вод, вследствие чего в природе очень редко наблюдаются правильные концентрические «ореолы», а чаще возникают «ареалы», вытянутые по направлению миграции подземных вод в виде веера или сложного шлейфа.

Гидрогеохимия, по представлениям А. М. Овчинникова, рассматривает строение и поведение как самой воды в тесном взаимодействии с горными породами, так и растворенных в воде газов, изучает миграцию и историю всех химических элементов в подземных водах, а также формирование химического состава вод в целом, с учетом особенностей динамики подземных вод. Гидрогеохимия отличается от одной из отраслей химических наук — гидрохимии, которая изучает химический состав вод различных водоемов и главное внимание уделяет поверхно-

стным водам (рек, озер, морей и т. п.). Так как формирование состава поверхностных вод происходит главным образом за счет разрушения суши атмосферными осадками, то за исходную воду обычно принимают пресную воду и химический состав вод при гидрохимическом изучении чаще всего объясняют простым выщелачиванием горных пород.

Гидрогеохимия главное внимание уделяет процессам формирования состава подземных вод (в тесной взаимосвязи с горными породами и различными геологическими формациями, с учетом роли длительной геологической истории, динамики природных водонапорных систем и термодинамических условий). Подземная вода представляет собой очень сложную динамическую систему, и полноценно изучить эту систему можно только на основе анализа всех составляющих ее элементов.

В земной коре имеется три главных генетических типа подземных вод, причем процессы, их формирующие, изменяющие и обогащающие различными микрокомпонентами, по мысли А. М. Овчинникова, различны: речь идет о водах *инфильтрационных* — атмосферных, формирующих свой состав за счет выщелачивания горных пород; водах *седиментационных* — сохранившихся водах древних морских и озерных водоемов (сингенетические и эпигенетические); водах *возрожденных* — выделяющихся из минералов и горных пород при нагревании, т. е. переходящих из связанного состояния в свободное. Не исключена также возможность образования небольшого количества природной воды за счет иных процессов (например, конденсация, синтез молекул, выделение из организмов и т. д.). Каждый выделенный тип характеризуется определенными признаками и коэффициентами. Подземные воды чаще всего представляют собой смеси вод различных типов, и в задачу гидрогеологов входит распознавание главнейших признаков и относительной доли участия каждого типа.

Формирование подземных вод — одна из сложнейших проблем гидрогеологии, связанная с решением актуальных проблем развития земной коры, происхождения жизни на Земле, вопросов геотектоники и вулканизма, образования рудных и нерудных ископаемых и имеющая большое практическое значение.

Среди разнообразных процессов формирования химического состава подземных вод А. М. Овчинников выделяет: а) процессы, формирующие тип воды (выщелачи-

вание и растворение, вытеснение древних седиментационных вод морского генезиса, переход вод из связанного состояния в свободное); б) процессы, формирующие и изменяющие состав вод (смешение, концентрирование при испарении воды и выпадение солей; коллоидно-химические процессы — катионный обмен, мембранные эффекты и др.; микробиологические процессы; насыщение вод углекислым газом при метаморфизации горных пород); в) обогащение вод специфическими компонентами (железом, мышьяком и другими элементами), наряду с понижением рН в зоне окисления сульфидных и других руд; магнием и никелем в коре выветривания ультраосновных пород; йодом, аммонием, нефтяными кислотами, нитратами, углеводородами в районах нефтяных залежей; литием, фтором, бором, кремнекислотой и др. в районах молодого вулканизма и грязевых сопок, а также за счет скоплений указанных компонентов в осадочных и изверженных породах; радиоактивными элементами в районах развития кислых интрузий.

Развивая идею Н. К. Игнатовича³⁴ о гидрогеологической зональности, А. М. Овчинников отмечал, что во всех геохимических процессах, протекающих в пределах водонапорных систем, наблюдается отчетливо выраженная гидрогеохимическая зональность, заключающаяся в закономерном изменении состава и общей минерализации вод с глубиной. В верхней зоне залегают пресные гидрокарбонатные воды; средняя зона — минерализованных вод, обычно сульфатных или гидрокарбонатно-сульфатных; нижняя зона — зона хлоридных натриевых вод, которая на больших глубинах сменяется зоной хлоридных натриево-кальциевых рассолов. Эта зональность в значительной мере определяется интенсивностью водообмена и особенностями гидрогеологической истории бассейнов. Схемы гидрогеохимической зональности для различных бассейнов могут значительно отличаться друг от друга в зависимости от ассоциации минералов и залежей полезных ископаемых, приуроченных к древним водонапорным системам. А. М. Овчинников рекомендовал устанавливать не только современную картину гидрогеохимической зональности, но и когда-то существовавшую, выделив древние области питания и разгрузки. К последним были

³⁴ *Игнатович Н. К.* Зональность формирования и деятельность подземных вод в связи с развитием структур.— *Вопр. гидрогеологии и инж. геологии*, 1950, № 13, с. 164—169.

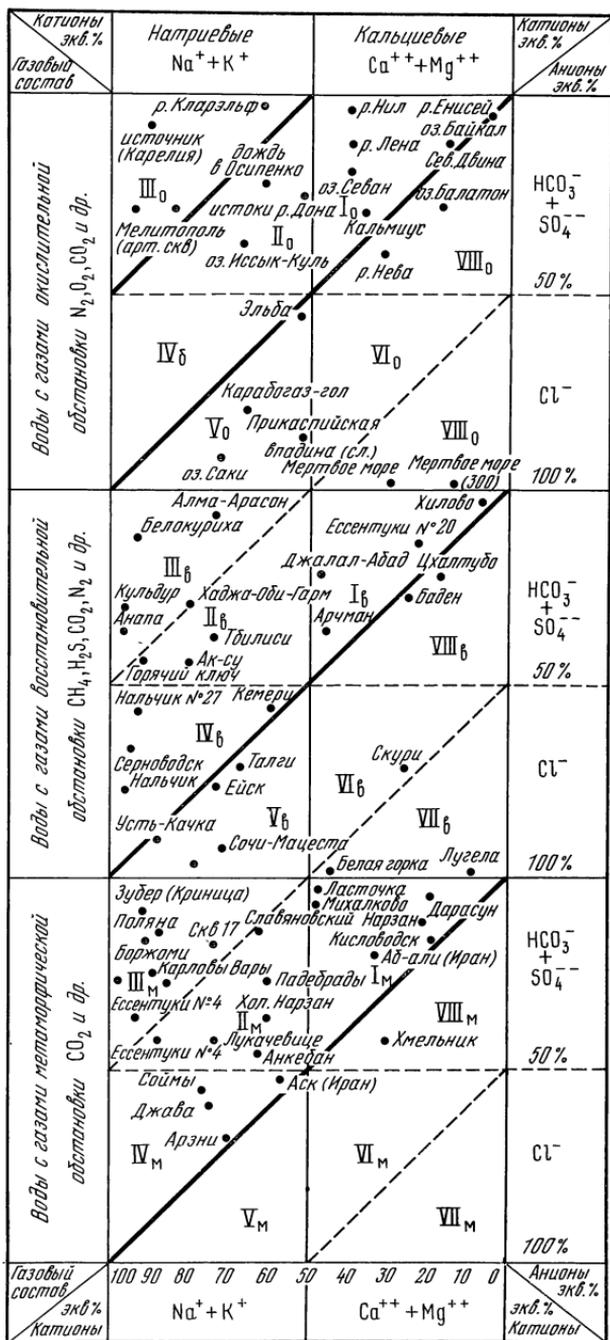
направлены движения подземных вод и миграция химических элементов. В древних очагах разгрузки термальных вод нередко можно встретить рудные залежи. Таким образом, гидрогеохимические поиски позволяют обнаруживать скрытые месторождения полезных ископаемых, нахождение которых другими методами (геологическими, геофизическими и др.) установить не удается.

Однако в различных областях земной коры наблюдаются отклонения от нормальной последовательности зон. В некоторых районах под зоной более минерализованных вод может находиться зона менее минерализованных вод. В таких районах на глубине залегают более водопроницаемые породы с большим коэффициентом водообмена.

А. М. Овчинников считал очень плодотворным применяемый в геохимической литературе термин «геохимический барьер» (А. И. Перельман и др.): речь идет о тех участках земной коры, где происходит задержка в передвижении химических элементов и где они могут скапливаться, т. е. где по существу образуется месторождение. С гидрогеохимической точки зрения геохимические барьеры образуются в очагах разгрузки подземных вод, на участках «фронта», где соприкасаются восходящие воды восстановительной обстановки и внедряющиеся сверху воды окислительной обстановки. На участке геохимического барьера на коротком расстоянии происходит резкая смена условий миграции химических элементов, что приводит к значительной их концентрации. Весьма благоприятно для создания барьера чередование пластов различной водопроницаемости или наличие литологических и тектонических контактов, а также длительность существования медленных перемещений «фронта» вод.

Геохимические барьеры могут быть различных размеров и различных видов (термодинамические, физико-химические, биологические и др.).

На основе анализа формирования подземных вод в историческом аспекте и учета динамики природных водонапорных систем А. М. Овчинников разработал единую гидрогеохимическую систему природных вод (рис. 6). Эта система основана на генетическом подходе к изучению подземных вод с учетом их газового состава и ряда других признаков, по которым устанавливается изменение состава вод по мере увеличения минерализации и перехода от одного типа вод к другому. Гидрогеохимическая система отражает прежде всего основные факторы и обстановки формирования вод: инфильтрационных (атмос-



ферного происхождения), седиментационных (морского генезиса) и возрожденных, т. е. вод, переходящих из связанного в свободное состояние в результате процессов термометаморфизма.

Схема состоит из трех сопряженных квадратов. Верхний квадрат включает воды *окислительной* обстановки с газами воздушного происхождения: азотом, кислородом, углекислотой. В этом квадрате наносятся анализы вод поверхностных водоемов, рек и неглубоких подземных вод, т. е. это воды поверхностных водоемов и неглубоких подземных вод, где интенсивно протекают процессы выщелачивания. Средний квадрат характеризует состав вод с газами *восстановительной* обстановки, в которой кислород уже отсутствует, а появляются газы биохимического происхождения (метан, сероводород), а также биогенные газы (азот, углекислый газ). В этот квадрат попадают, в частности, азотные воды, а также воды нефтяных и газовых месторождений. Нижний квадрат определяется газами *метаморфической* обстановки, подземные воды которой насыщены и перенасыщены углекислотой, образовавшейся при термометаморфизме пород. К нему относятся газифицирующие углекислые воды областей молодой магматической деятельности (не древнее третичного возраста).

Рис. 6. Гидрогеохимическая система природных вод (по А. М. Овчинникову)

Воды с газами окислительной обстановки (I_0 — $VIII_0$): I_0 — воды рек, верховодка, воды зоны окисления рудных месторождений с железом, медью, мышьяком и т. п.; II_0 — воды рек, озер и пресные воды артезианских бассейнов; III_0 — воды рек и грунтовые воды изверженных пород и флишевых отложений; IV_0 — воды рек засушливой зоны, воды выщелачивания лагунных отложений; V_0 — воды приморских озер и лиманов, рассолы соленосных отложений; VI_0 — воды приморских озер; VII_0 — воды Мертвого моря; $VIII_0$ — воды некоторых озер, рек, грунтовые воды засушливых областей.

Воды с газами восстановительной обстановки (I_B — $VIII_B$): I_B — сероводородные сульфатно-кальциевые воды, связанные с выщелачиванием гипсоносных отложений; II_B — III_B — азотные гидросульфидные термальные воды гранитных массивов, местами с повышенным содержанием радона; IV_B — азотные и азотно-метановые воды в нефтегазоносных районах; V_B — метановые, хлоридно-кальциево-натриевые воды (с йодом, бромом, сероводородом) нефтяных и газовых месторождений; VI_B и VII_B — хлоридно-натриево-кальциевые воды; $VIII_B$ — азотные термальные воды карбонатных толщ.

Воды с газами метаморфической обстановки (I_M — $VIII_M$): I_M — углекислые воды типа Нарзана; II_M — углекислые термальные воды; III_M — углекислые воды типа Боржоми; IV_M — углекислые воды типа Арзни; V_M — углекислые хлоридно-натриевые (соленые воды); VI_M , VII_M , $VIII_M$ — редкие типы углекислых вод)

Следовательно, химические анализы вод распределяются в гидрогеохимической системе в строгой зависимости от природной обстановки формирования, чем подчеркивается известная генетическая связь между составом вод и газов.

В условиях платформенных областей нет необходимости давать нижний квадрат: в них господствуют лишь две природные обстановки (окислительная и восстановительная). Отсутствие точек на нижнем квадрате показывает, что в данной области третичная или современная магматическая деятельность не проявляется.

Как известно, большинство минеральных вод являются в той или иной мере производными от двух вод — хлоридных натриевых (морского типа) и гидрокарбонатных кальциевых (континентального типа). Поэтому для вод каждой природной обстановки ученый составлял график-квадрат, на котором показывал эквиваленты процентов главных катионов и анионов: налево увеличивается содержание натрия и калия, направо — кальция и магния, вниз — содержание хлоридов, вверх — гидрокарбонатов и сульфатов. Следовательно, одной точкой можно указать типовую химическую характеристику воды. Каждый квадрат разделен диагональю, которая разграничивает воды с отношением $r_{Na}/r_{Cl} > 1$ и $r_{Na}/r_{Cl} < 1$ и позволяет устанавливать появление в составе вод характерных соотношений между ионами (гидрокарбонатов натрия, хлоридов кальция)³⁵. Кроме того, на графике проведены вспомогательные диагонали, помогающие выделить подгруппы. В результате для каждой обстановки выделяется восемь классов, причем каждый класс характеризуется определенными количественными показателями. Классы обозначаются римскими цифрами, обстановка формирования — индексами при цифрах (*o* — окислительная, *e* — восстановительная, *m* — метаморфическая). Условными знаками на графике можно показать температуру вод и содержание микроэлементов, что позволит выделить разновидности вод. В каждый класс вод той или иной обстановки попадают воды определенных генетических типов, выделить которые помогает соотношение между микро- и макроэлементами, в том числе хлор-бромный коэффициент.

Всего выделяется 24 вида подземных вод, охватывающих все основные природные воды.

³⁵ Знак *r* означает, что величины Na и Cl измеряются в мг·экв/л.

Гидрогеохимическая система А. М. Овчинникова дает удобную основу для классификации подземных вод, причем каждый тип вод попадает в определенные классы. Таким образом, она не только служит целям графической интерпретации гидрогеохимических данных, но и, что более важно, является основой выделения и характеристики многообразных факторов и процессов формирования химического состава подземных вод.

Радиогидрогеология и возраст подземных вод

Уже первые годы XX в. ознаменовались массовым определением радиоактивности вод минеральных источников на курортах, в результате чего было понято бальнеологическое воздействие многих из них на человеческий организм. Одновременно с определением радиоактивности (под этим понималось главным образом наличие содержания эманаций радия-радона) делались попытки объяснить и причины появления радиоактивных источников. Первая работа в этом направлении принадлежит Махе, который высказал довольно верные соображения о генезисе радиоактивных термальных вод Восточных Альп. В Советском Союзе изучение радиоактивности подземных вод началось в 30-х годах в Бальнеологическом институте в Пятигорске (А. Н. Огильви³⁶ и др.). Особенно много в этом направлении сделано группой ученых Радиового института АН СССР (1939—1940) в процессе комплексного изучения района КМВ. Однако к гидрогеологическому анализу полученных экспериментальных данных исследователи приступили лишь в 1945—1950 гг. в результате начавшего развиваться учения о формировании подземных вод, рассматриваемых в аспекте геологической истории, в тесной увязке с проблемами геотектоники, геофизики и геохимии.

А. М. Овчинников много и плодотворно работал над изучением геохимии радиоэлементов (урана, радия, радона, тория, актиния и др.). В апреле 1945 г. он выступил на заседании гидрогеохимической секции Московского общества испытателей природы с докладом «О радиогидрогеологии», где впервые сформулировал задачи и содержание этой новой научной отрасли гидрогеологии и

³⁶ Огильви А. Н. К вопросу об оценке радиоактивности источников с точки зрения их бальнеологического использования. Л.: ОНТИ, 1934.

наметил пути ее развития. Под месторождением радиоактивной воды ученый понимал своеобразное динамическое тело, заключенное в пределах той или иной геологической структуры и характеризующееся присущими ему чертами как в отношении геотермических, гидрохимических и газовых условий, так и в отношении динамики и режима. Необходимо ясно представлять форму месторождения, которая должна быть, оконтурена, и его генетический тип, обусловленный всей геологической историей данного района.

Радиоактивные воды принято делить на две группы: воды, содержащие газообразную эманацию радия, — *радоновые* воды (к которым относится большинство минеральных источников, используемых на курортах); воды, имеющие в растворе известное количество радия и равновесное с ним количество эманации (радон), — *радиевые* воды (глубокие пластовые воды нефтяных месторождений). Особую промежуточную группу составляют воды, включающие радий плюс избыточное сверх равновесного с ним количество радона. К этой группе относятся единичные сильно радиоактивные источники, которые по геологическим соображениям следует присоединить к первой группе. Воды, содержащие одновременно радий и мезоторий, следует называть «радие-мезоториевыми водами».

Радиоактивные воды — один из наиболее своеобразных и сложных типов подземных вод. Участки их формирования расположены в зонах складчатости как альпийской, так и верхнепалеозойской, причем обязательным для их образования является наличие кислых интрузивов, содержащих рассеянные радиоактивные элементы. Поэтому поиски подобных вод нужно направлять в районы, где возможно наличие кислых массивов или продуктов их разрушения; в последних происходит вторичное обогащение радиоэлементами. Большое значение для аккумуляции радия имеют биохимические процессы, и не случайно воды, богатые солями радия, приурочены к районам нефтяных месторождений.

Миграция урана происходит в большей мере вследствие растворения природными водами минералов и горных пород. Переход в раствор урана определяется минералогическим составом пород, химическим составом воды и температурными условиями. Радий переходит в раствор не только при растворении урансодержащих минералов, но и благодаря его способности выщелачиваться. Радий

(по И. Е. Старiku) обычно не входит в кристаллическую решетку урансодержащих минералов, а находится в капиллярах³⁷, уран же находится в кристаллической решетке, чем и объясняется их различное поведение. Уран незначительно мигрирует даже из вторичных урановых минералов. Выщелачивающийся из вторичных урановых минералов радий не мигрирует на значительное расстояние вследствие адсорбции его окружающими породами. В случае отсутствия пород, способных адсорбировать радий, можно ожидать значительного увеличения путей его миграции. Радиоактивность вод, как правило, повышена в районах повышенной радиоактивности пород, но прямой пропорциональности между радиоактивностью пород и вод, протекающих через них, ожидать нельзя: степень эманирования пород меняется в зависимости от степени их выветривания. Кроме того, существенное значение имеет форма каналов, по которым движется вода, смешивание вод, последовательность залегания пород и т. д. Следовательно, определение содержания радона в водах и в почвенном воздухе может указать на пути возможной миграции урана и радия. Но, как уже говорилось, следует учитывать, что повышенное содержание радона может объясняться большей эманлирующей способностью пород, а не большим скоплением урановых минералов. Для образования вторичного урано-ванадиевого месторождения не обязательно наличие первичной урановой смоляной руды: для его формирования может быть достаточно урана, находящегося в рассеянном состоянии в окружающих породах. Большое значение в обогащении природных растворов ураном имеет объем жидкой фазы, находящейся в соприкосновении с данной породой или минералом.

А. М. Овчинников считал, что при классифицировании различных типов радиоактивных вод прежде всего необходимо определить вид воды — является ли она радиевой (с солями радия) или радоновой (с газообразной эманацией радия) — и каково соотношение радиоэлементов в воде.

Радиевые воды — это рудничные воды первичных месторождений урано-радиевых руд, локализованные в зонах оруденения. Они могут встречаться и на участках нефтяных структур, соприкасающихся с массивами интрузивных пород, содержащих радиоэлементы (Ухта,

³⁷ Старик И. Е. Радиоактивные методы определения геологического времени. Л.: ОНТИ, 1938.

Гейдельберг), где имеются древние погребенные метаморфизованные воды морского типа.

Радиоактивные радоновые воды представляют собой небольшие линзообразные динамические залежи грунтовых вод коры выветривания гранитных массивов, имеющих трещины, обогащенные вторичными урано-радиевыми минералами (Сунгуль, Обершлема и др.); динамические штокообразные тела в напорных водах деформированных зон гранитных массивов (или в контактирующих породах), выклинивающиеся с глубиной (Белокуриха, Брамбах); линзообразные залежи неправильной формы, приуроченные к местам вторичного скопления радиоэлементов в делювиальных и аллювиальных отложениях, а также при наличии дериватных вод в травертинах (Пятигорск, Цхалтубо). В целях систематизации данных по радиоактивности вод А. М. Овчинников [24] разработал типизацию главнейших месторождений радиоактивных вод (табл. 6).

Радиоактивность подземных вод нельзя изучать оторванно от изучения их химического и газового состава. Последний дает указания о генетическом типе вод и условиях их формирования. Радиевые воды нефтяных месторождений — характерный тип высокоминерализованных вод, свойственных малопромытым областям закрытых структур. Это воды метановые (с наличием тяжелых углеводородов) бессульфатные хлоридные натриевые, несущие черты метаморфизованной погребенной морской воды с присущим ей талассогенным комплексом (брома, йода, бария, стронция).

По мере усиления циркуляции воды и подмешивания поверхностных вод происходит уменьшение минерализации и увеличение роли сульфатов и гидрокарбонатов. Следовательно, при изучении химического состава радиевых вод необходим полный физико-химический анализ с определением редких элементов и растворенных газов. Поскольку в процессе метаморфизации воды большую роль играют микробы, желательно производство микробиологического анализа (включая количественный подсчет микробдесульфуризаторов, указывающих степень законченности процесса восстановления сульфатов).

Радоновые воды районов развития гранитных интрузий и месторождений редких элементов (в том числе урано-радиевых) характеризуются разнообразным химическим составом. Однако они обладают одной общей чертой, свидетельствующей об условиях их происхождения

в верхней, окислительной, зоне (в зоне активной циркуляции), — преобладанием гидрокарбонатов и иногда повышенным содержанием сульфатов. Другая характерная их черта — относительно невысокая минерализация. Воды, заключающие в себе радий и значительное количество эманации радия, часто обладают сложным химическим составом, в котором имеются все шесть главных компонентов: хлор, сульфат, гидрокарбонат, натрий, кальций, магний. По газовому составу это азотные воды (с азотом воздушного происхождения), переходящие в практически безгазовые воды (типа грунтовых вод), или углекислые воды (с углекислотой метаморфического происхождения) в районах молодой вулканической деятельности и неинтрузий. При изучении химического состава радоновых вод, особенно районов полиметаллических месторождений с повышенной концентрацией редких элементов, необходимо производство спектрального анализа и определение редких газов.

А. М. Овчинников считал, что для установления закономерности формирования и распространения радиоактивных вод необходимы следующие условия: наличие гранитного интрузива или другой кислой изверженной породы (гранодиорит, трахит и др.), содержащей урано-радиевые элементы в рассеянном состоянии; наличие зон тектонических деформаций, дающих возможность циркулировать подземным водам (чаще всего высокорadioактивные воды появляются в пограничных зонах складчатости различного возраста. Отмечена приуроченность большинства из них к зонам верхнепалеозойской складчатости в сфере воздействия альпийских движений); наличие древней и современной коры выветривания гранитных массивов биогеохимическая миграция и скопление радиоэлементов.

Большое значение. ученый придавал *изотопной* (ядерной) гидрогеологии, изучающей изотопный состав подземных вод и соотношения между изотопами. Изотопная гидрогеология позволила определять возраст подземных вод, что имеет большое значение для изучения водонапорных систем земной коры. Особенно важно это для обеспечения рациональной эксплуатации и охраны подземных вод, время нахождения которых в горных породах определяется сотнями тысяч, миллионами и десятками миллионов лет.

Вопрос об определении возраста подземных вод был поднят А. М. Овчинниковым [125] в связи с составле-

нием прогнозной гидрогеологической карты Узбекистана (1961): ученый считал, что полноценное изучение водонапорных систем земной коры требует более точной датировки подземных вод.

Под «возрастом» подземных вод в общем смысле понимается время, которое вода находится в горных породах в толще земной коры. Однако А. М. Овчинников считает, что такое определение «возраста» можно полностью принять лишь для застойных вод или весьма медленнодвигающихся по порам или трещинам подземных вод. Там же, где происходит интенсивный водообмен, возрастом нужно считать время между моментом проникновения воды в пласт и моментом наблюдения. Понятие «возраст вод» несколько условное: вода — сложная динамическая система, меняющаяся в ходе геологической истории в процессе миграции в земной коре. Кроме того, обычно все природные подземные воды — это смеси вод различного происхождения и возраста, и надо хорошо знать состав смешивающихся вод и пропорции смеси. Следовательно, вопрос идет об определении некоторого «среднего» возраста вод. При расчетах нужно учитывать близкие понятия, которые не следует смешивать с понятием возраста: скорость движения воды в породах (в м/с, м/сут и т. д.), которая оценивается путем определения фильтрационных свойств пород и напорного градиента; интенсивность водообмена — коэффициент, представляющий собой отношение годового расхода воды к общим ресурсам вод бассейна (предложение Г. Н. Каменского³⁸). Чем меньше этот коэффициент, тем больше древних вод заключено в бассейне. Например, для верхней зоны (интенсивный водообмен) он чаще всего равен 0,01, т. е. водообмен совершается в столетие, а для глубоких зон (замедленный водообмен) он равен 0,000001, т. е. полный обмен совершается в миллион лет.

Понятие «возраст» А. М. Овчинников принимал с учетом следующих положений.

1. Подземные воды — своеобразные динамические минералы или горные породы, которые следует рассматривать как сложную систему горная порода ↔ вода ↔ газ. Надо ясно представлять составной генетический тип данной воды (инфильтрационный, морской, магматический,

³⁸ Каменский Г. Н. Поиски и разведка подземных вод. М.: Госгеолтехиздат, 1947.

возрожденный, дегидратационный и т. д.) и пропорцию смеси вод.

2. Подземные воды — динамические месторождения, имеющие свои контуры, выраженные количественными показателями, и залегающие в пределах определенных водонапорных систем.

3. Возраст вод нельзя правильно определить, если нет данных о гидрогеохимической и гидрогеодинамической зональности водонапорных систем.

А. М. Овчинников считал, что для каждого бассейна подземных вод необходимо составлять карты их возраста в изолиниях. При этом особое внимание он обращал на тщательное изучение геолого-гидрогеологических условий при применении изотопных методов. Так, при анализе динамики подземных вод важно правильно выбрать наиболее представительные водоносные комплексы и горизонты, определить «фронт» внедрения инфильтрационных вод, выяснить изменение направления движения подземных вод. Часто направление вод в период формирования месторождения отличается от современного направления. Требуется полноценная гидрогеохимическая интерпретация по скважинам и источникам с тем, чтобы были установлены древние и современные (открытые и закрытые) очаги разгрузки напорных вод.

В зоне активного водообмена возраст пребывания воды в водоносных горизонтах определяется по тритию с точностью до 50 лет, а по радиоуглероду — до 25—30 000 лет³⁹. Для глубоких вод затрудненного и весьма затрудненного водообмена возраст воды вычислить довольно сложно. Для этой цели применяется комплекс изотопных методов — определения дейтерия, кислорода-18, изотопов гелия, углерода, серы, стронция, радиоактивных элементов.

³⁹ Профессор Е. В. Пиннекер в брошюре «Охрана подземной гидросферы» (М.: Недра, 1979), имея в виду отношение А. М. Овчинникова к методу определения возраста вод, писал: «... передо мной оттиск статьи А. М. Овчинникова. В жизни Александр Михайлович был очень живым человеком, самую сложную научную идею всегда облакал в остроумную форму. На оттиске его рукой начертано: „Возраст подземных вод определить легче, чем возраст женщины“. И автор не преувеличивал: тритиевый метод датирует возраст подземных вод с точностью 1—2 года» (с. 26).

Гидротермальные процессы

Анализ материалов исследований современных вулканов и связанных с ними гидротермальных явлений вблизи действующих вулканов позволил А. М. Овчинникову рассматривать эти участки как своеобразные сложные бассейны подземных вод, находящиеся в условиях магматогенного геотермического режима и имеющие во всех случаях двухэтажное строение: нижний этаж — цоколь, сложенный осадочными, изверженными или метаморфическими породами, часто дислоцированными, и верхний этаж — рыхлые вулканические накопления и потоки современных древнечетвертичных или неогеновых лавовых излияний. Обычно верхний этаж приподнят и имеет довольно большую мощность зоны аэрации. Многие процессы в жерлах вулканов протекают в этой зоне, которой свойственна окислительная обстановка. Это накладывает резкий отпечаток на все геохимические процессы в верхнем этаже бассейнов вулканических областей. Нижний этаж находится в условиях восстановительной или метаморфической обстановки и представляет собой различного рода водонапорные системы, местами имеющие характер артезианских бассейнов и склонов. Любое вулканическое извержение вовлекает в свою сферу подземные воды бассейнов, и без гидрогеологической оценки этих бассейнов нельзя решить вопрос об условиях миграции химических элементов и их балансе.

Изучение вулканических эксталяций и гидротермальных изменений пород без анализа динамики и режима вод, условий миграции и концентрации элементов в подземных водах, по мнению А. М. Овчинникова, не может дать ясного представления о формировании месторождений полезных ископаемых в районах вулканических очагов. Для изучения гидротермальных процессов, считал ученый, следует привлекать материалы не только по районам действующих вулканов, но и по районам четвертичного и третичного вулканизма, где активные извержения прекратились, но сохранились следы интенсивной гидротермальной деятельности, в том числе выходы на поверхность газлирующих теплых и горячих вод, выносящих ценные элементы.

В 1958 г. А. М. Овчинников изучал район Словацкого Рудогорья, расположенный к югу от горной системы Татр, и подробно ознакомился с некоторыми участками Чешского массива (район Карловы Вары). Ранее он ис-

следовал многочисленные минеральные воды Кавказа, Карпат и Эльбурса (Иран). Многие участки этих районов были разведаны буровыми скважинами, и сопоставление собранных данных с имеющимися материалами по районам современного вулканизма позволило ученому высказать следующие соображения в отношении гидротермальных процессов.

1. Гидротермальные процессы, создающие рудные залежи, протекают в сложных гидрогеологических условиях, в пределах водонапорных систем артезианского типа в обстановке метаморфизма горных пород при внедрении магматических масс. Этим подчеркивается то важное обстоятельство, что современная гидрогеология не исключает участия магматических процессов в формировании гидротермальных растворов. Гидротермы представляют собой восходящие газовые, обычно насыщенные углекислотой ионно-молекулярные растворы, заключающие макро- и микроэлементы, состав которых и соотношение изотопов различных элементов вполне могут быть изучены современными физико-химическими методами.

2. В гидротермальных процессах участвуют подземные воды различного происхождения, причем пропорции смешиваемых вод меняются в ходе геологической истории и в зависимости от глубины внедрения интрузии. На первых стадиях в глубоких частях большинства впадин и краевых прогибов в гидротермальные процессы вовлекаются древние седиментационные воды (чаще морского генезиса) хлоридного кальциево-натриевого и хлоридно-гидрокарбонатного натриевого состава. На следующих стадиях на меньших глубинах происходит смена этих вод менее минерализованными водами атмосферного происхождения, преимущественно сульфатного и гидрокарбонатного состава. Когда вулканические явления прекращаются, весь верхний этаж вулканических областей чаще всего представляет собой коллекторы пресных гидрокарбонатных вод (что можно наблюдать в Армении). В сфере магматических очагов и метаморфизма подземные воды насыщены углекислотой, к которой выше примешиваются газы воздушного происхождения (азот, кислород и др.). При наличии в цоколе вулканов битуминозных пород, в составе газов гидротерм часто можно обнаружить метан, сероводород (например, Камчатка). Ученый придавал большое значение сероводородным (сульфидным) водам в осаждении многих металлов и в образовании залежей сульфидных руд. Такие воды, по его мне-

нию, формируются на участках скопления нефти и других битумов в результате микробиологических и метаморфических процессов, поэтому источники серы, создающие при гидротермальных процессах залежи сульфидных руд, находятся не в магматическом очаге, а в окружающих его породах, где имеются или имелись ранее скопления битумов.

3. Гидротермальные процессы, которые могут дать ценные залежи полезных ископаемых, протекают вследствие длительной и довольно интенсивной миграции подземных вод, происходящей в водонапорных системах. В пределах этих систем на пониженных участках создаются очаги разгрузки напорных вод, к которым направлено движение гидротермальных растворов и элементов. Последние могут выпадать из растворов при изменении термодинамических условий на благоприятных в геологическом отношении участках (зоны разломов и т. д.). Следовательно, *гидротермальные* месторождения — это древние очаги разгрузки напорных вод. При отсутствии таких очагов происходит рассеивание элементов и залежей не образуется.

4. Изучение гидротермальных процессов требует применения палеогидрогеологического анализа: эти процессы протекают в различные стадии формирования структур и внедрения магматических масс. А. М. Овчинников считал, что необходимо изучать закономерности распространения древних и современных очагов разгрузки напорных вод. Типы разгрузок могут быть самыми различными (эрозийные, структурные, барьерные). Они могут быть локальными и линейными. Надо принимать во внимание направление линейных очагов разгрузок и соотношение с направлением складчатости и расположением вулканических очагов (продольные, поперечные, диагональные).

5. На большой глубине подземные воды находятся в перегретом и даже в надкритическом состоянии, но термодинамические условия на этих глубинах не приводят ни к выделению свободного газа, ни парообразованию. Как указывал ученый, движение этих перегретых растворов подчиняется законам подземной гидравлики и лишь несколько усложняется в верхней части каналов, по которым поднимаются растворы.

Периоды бурных вулканических извержений, по мысли А. М. Овчинникова, хотя и сопровождаются выделением большого количества водяных паров и сероводородно-углекислых и других газов сложного состава, но ме-

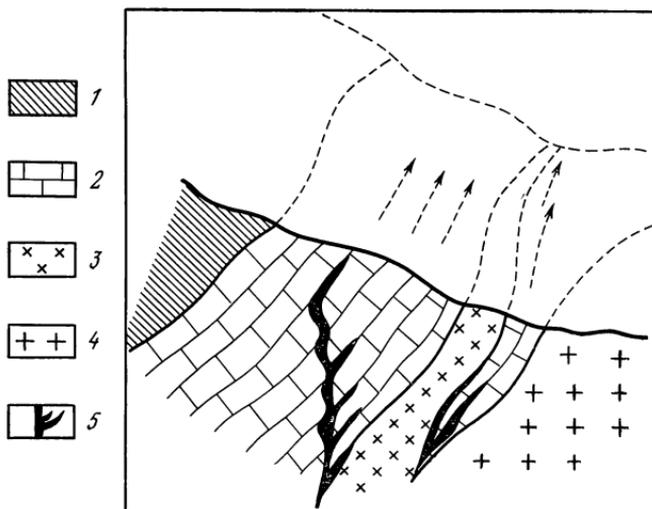


Рис. 7. Схема типичного месторождения свинца и цинка в скарнах (древний очаг разгрузки напорных вод гидротерм)

1 — плотные туфогенные породы; 2 — известняки, доломиты (водобильный комплекс); 3 — гранит-порфир; 4 — интрузия гранодиорита; 5 — рудные тела. Пунктир — предполагаемое направление движения гидротермальных растворов в очаге разгрузки и древний рельеф

нее продуктивны с точки зрения образования рудных залежей, чем длительно и постоянно протекающие гидротермальные процессы между вспышками вулканической деятельности или в периоды после затухания вулканической деятельности. Для наглядности того, что залежи свинца, цинка и других металлов образовались не в вулканических аппаратах, а в очагах разгрузки древних водонапорных систем, А. М. Овчинников приводит строение типичного месторождения свинца и цинка в скарнах (рис. 7). Это не исключает того положения, что при вулканических извержениях может происходить образование скоплений минералов, а в некоторых случаях накопление элементов в окружающих бассейнах. В отдельных случаях могут образоваться довольно крупные залежи, но часто такие скопления в результате поднятий и дальнейших процессов эрозии бывают полностью уничтожены.

А. М. Овчинников считал, что для полноценного анализа гидротермальных процессов необходимо: 1) детально изучать гидрогеологические условия бассейна подземных вод, его размеры и соотношения областей питания, распространения и разгрузки подземных вод; 2) охарак-

теризовать каждый генетический тип вод, участвующий в формировании гидротерм, определенными коэффициентами и показателями и установить пропорцию смеси вод различных типов (сравнительная характеристика основных генетических типов подземных вод представлена в табл. 7); 3) установить гидрогеохимическую зональность подземных вод данного бассейна. «Классическая» схема перехода вод от слабоминерализованных гидрокарбонатных к высокоминерализованным хлоридным кальциево-натриевым наблюдается не во всех бассейнах: в горноскладчатых районах часто отмечается обратное соотношение гидрогеохимических зон; 4) определять модуль подземного стока водонапорной системы, представляющий собой количество подземных вод в литрах в секунду, стекающих с одного километра площади бассейна. Чем больше бассейн и чем меньше очагов разгрузки имеется в бассейне, тем более крупное скопление элементов может образоваться в очаге разгрузки. Если в бассейне имеются распыленные очаги разгрузки, то, по мнению ученого, вряд ли могут образоваться промышленные месторождения; данный элемент в этом случае будет находиться в воде в пределах «фона», характерного для всего гидрогеологического района; 5) вычислять модуль обогащения, представляющий собой произведение содержания элемента в воде в мг/л на модуль подземного стока. Например, если в растворе данный элемент находится в количестве 1 мг/л, то при модуле подземного стока 1 л/с на 1 км² модуль обогащения будет равен 1 мг/л с 1 км². При площади бассейна 1000 км² при одном локализованном очаге разгрузки будет откладываться 86,4 кг рудного вещества в сутки, а в год — около 32 т; 6) учитывать геотермические условия и распределение изотерм в пределах водонапорных систем, которые зависят от движения вод и теплопроводности пород. Тепловые аномалии наблюдаются в местах разгрузки восходящих вод и в сферах неостывших интрузий; 7) выявлять состав растворенных и свободно выделяющихся газов, газонасыщенность (в мл/л, т. е. отношение объема газов к единице объема воды), упругость газов. На основе изучения соотношения газов следует стремиться определять возраст воды.

В настоящее время имеется полная возможность не только изучать природные гидротермальные процессы, но и моделировать их в лаборатории. В этом отношении большой интерес представляют экспериментальные рабо-

ты Н. И. Хитарова и его сотрудников⁴⁰. Но все эти эксперименты должны учитывать гидрогеологическую обстановку района, палеогидрогеологию и особенно гидродинамическую сетку движения подземных вод в пределах водонапорной системы, в которой протекают гидротермальные процессы.

А. М. Овчинников считал, что для полноценного изучения гидротермальных процессов нужна комплексная работа гидрогеологов, вулканологов, геохимиков и петрографов.

Гидрогеотермия

Анализируя материалы, полученные в результате изучения термоминеральных вод, А. М. Овчинников пришел к выводу: большинство термальных вод даже районов молодой вулканической деятельности представляют собой динамические месторождения, которые возможно оконтурить. Динамика подземных вод этих бассейнов в основном определяется положением областей современной инфильтрации атмосферных вод, где создается напор, передающийся на весь бассейн, и положением очага разгрузки, где происходит выход воды на земную поверхность. Следовательно, в пределах одного бассейна заключены воды различной температуры и восходящее движение термальных вод определяется в основном нисходящим движением холодных вод. По мнению ученого, эти взгляды сближают проблему изучения гидротермальных месторождений и современных гидротерм и облегчают разрешение задач рационального использования термальных вод как источника тепловой энергии.

С гидрогеологической точки зрения для целей теплофикации перспективными могут оказаться только крупные месторождения горячих вод благоприятного химического состава, в частности азотные или азотно-метановые относительно невысокоминерализованные воды. А. М. Овчинников пришел к заключению, что геотермический

⁴⁰ Хитаров Н. И. Химическая природа растворов, возникающих в результате взаимодействия воды с горными породами при повышенных температурах и давлениях.— *Геохимия*, 1957, № 6, с. 481—492; *Он же*. О соотношениях между водой и магматическим расплавом.— Там же, 1960, № 7, с. 391—401; Хитаров Н. И., Лебедев Е. Б., Рыженко Б. Н., Колонин Г. Р. Исследование геохимических процессов, протекающих при повышенных температурах и давлениях.— В кн.: Тез. докл. на симпоз. по эксперим. исслед. в области глубин. процессов. М.: Изд-во АН СССР, 1960, с. 8.

анализ таких месторождений требует комплексного изучения всех элементов месторождения: геологической структуры и литологии коллекторов, в которых заключены месторождения; температурных условий месторождений как ниже, так и выше пояса постоянных температур, с учетом палеотермики месторождения; химического состава вод, включая содержание газов (растворенных и свободно выделяющихся), микроэлементов, радиоактивных элементов и изотопов (для определения возраста воды); динамики и режима подземных вод месторождения. Особенно важно установить тип режима, положение и изменение «фронта» между термальными водами месторождения и внедряющимися холодными инфильтрационными водами.

Большое значение для оценки потенциальных возможностей месторождения имеет расчет модуля подземного стока. В среднем подземный сток для большинства районов Советского Союза определяется в 1–2 л/с с 1 км², но для глубоких горизонтов он значительно меньше. Зная площадь бассейна, можно ориентировочно вычислить возможные ресурсы подземных вод различных районов. Геотермические условия районов будут зависеть от того, находится ли данный район в областях молодой магматической деятельности («магматогенный» режим), в области постоянной мерзлоты, при глубоком охлаждении земной коры, почти до глубины 1000 м («криогенный» режим), или в пределах распространения «нормального» режима, определяемого тепловым балансом земной поверхности при отсутствии вулканов и мерзлоты. Геотермическое изучение месторождений минеральных вод будет несколько видоизменяться в зависимости от типа месторождения, от геологического строения и размеров бассейна, в пределах которого заключено данное месторождение.

А. М. Овчинников ориентировочно выделил два крупных типа бассейнов, заключающих напорные термальные воды. Один из них — типичные бассейны, сложенные породами осадочного происхождения; другой — более сложные водонапорные системы трещинных вод в изверженных и метаморфических породах. В зависимости от размеров интрузий, их формы, возраста и места, занимаемого в пределах бассейна, возможны переходные типы и разновидности. Среди первого типа различаются три группы бассейнов.

Крупные артезианские бассейны платформенных областей, площадью в сотни тысяч квадратных километров,

с общей мощностью отложений до нескольких километров. В глубоких частях бассейнов обычно залегают высокоминерализованные воды. Такие бассейны известны в пределах Русской платформы, Западной и Восточной Сибири, Северной Америки, Австралии и др. По наблюдениям М. Ф. Белякова, геоизотермы в платформенных областях хорошо подчеркивают положение докембрийского фундамента.

Средние бассейны, площадью, измеряемой десятками тысяч километров, часто «наложенные» на более крупные бассейны нижнего, более древнего «этажа» или приуроченные к межгорным котловинам или к предгорным впадинам (характерным примером является сложный Ферганский артезианский бассейн). Такие бассейны часто заключают большие ресурсы термальных вод сравнительно невысокой минерализации (Ташкентский артезианский бассейн и др.).

Малые бассейны горно-складчатых сооружений, приуроченные к небольшим межгорным котловинам или непосредственно входящие в массивы горных пород складчатых сооружений. По А. М. Овчинникову, большинство горно-складчатых сооружений представляют собой сопряженные небольшие бассейны артезианских и грунтовых вод с довольно интенсивной миграцией вод, особенно в пластово-трещинных горизонтах и в зонах тектонических нарушений. В краевых частях горных сооружений создаются асимметричные артезианские бассейны, получившие наименование «артезианских склонов», к которым часто приурочены мощные месторождения термальных вод.

Водонапорные системы *трещинных вод* массивов кристаллических пород напоминают артезианские бассейны и склоны, но несколько усложненные, с резко выраженной анизотропной водопроницаемостью. Разгрузка термальных вод чаще всего происходит по зонам тектонических разломов, причем ученый обратил внимание на большую роль открытых поперечных разломов. В некоторых районах приобретают значение диагональные зоны разломов и контакты изверженных и осадочных пород, но во всех случаях естественные выходы термальных вод возникают на гипсометрически пониженных участках в долинах рек и ложбинах. Особое значение с точки зрения практического использования подземных вод как теплоносителей приобретает изучение бассейнов термальных вод горно-складчатых сооружений с наличием молодых интрузий и неостывших вулканических очагов, где созданы условия

для прогревания вод до высоких температур, сравнительно неглубоко от земной поверхности. Как характерный пример образования месторождения горячей воды вблизи вулканического очага ученый приводит схему месторождения Карма-Дон в Северной Осетии. В таких районах происходит интенсивная миграция вод, обогащенных многими ценными химическими элементами, т. е. создаются условия для проявления гидротермальных процессов и образования рудных месторождений. Но следует учесть, что только при наличии достаточно водообильных комплексов на участках магматических очагов могут образовываться крупные месторождения термальных вод. Если таких комплексов нет, то даже на участках вулканических очагов наблюдаются слабые выделения водяных паров и горячих вод.

По мнению А. М. Овчинникова, наиболее важное значение геотермический метод приобретает при анализе мест разгрузки артезианских термальных вод. Ученый выделяет два типа очагов разгрузки — *открытые*, выраженные концентрированными мощными выходами подземных вод, и *закрытые*, часто распыленные, незаметно фильтрующиеся через относительно водоупорные свиты, где геотермический анализ дает наиболее эффективные результаты. Изотермические профили различаются в зависимости от типа очагов разгрузки: а) эрозионный, при глубоком врезании рек в водоносный комплекс, б) структурный, при наличии антиклинального поднятия, тектонических разломов и т. д., в) барьерный, когда восходящий ток артезианской воды создается при наличии какого-либо препятствия (выступа плотных пород, сброса и т. п.). Последний тип довольно распространен.

В пределах мощных водоносных комплексов, заполненных теплыми или горячими водами, величина геотермической ступени может быть большой: при миграции воды происходит быстрое выравнивание температур. А. М. Овчинников считал ошибочными представления, допускающие малые геотермические ступени только вблизи вулканических очагов, а большие — только в древних охлажденных геотектонических структурах, не осложненных молодой складчатостью. По его представлению, геотермическая картина во всех случаях значительно более сложная. Ее усложнение происходит при наличии барьера, который создается на пути внедрения более холодных вод. Такой случай отмечается в Цхалтубо, где базальтовые дайки создают «защиту» месторождения тер-

мальной воды от потоков пресных карстовых вод и разница температуры воды выше и ниже даек достигает почти 20° С.

Как считал ученый, геотермический анализ месторождений минеральных вод требует организации полноценных температурных измерений на всех этапах разведки месторождений. Необходимо тщательно изучать миграцию подземных вод и фильтрационные свойства пород, чтобы иметь возможность сопоставить гидродинамическую сетку месторождения с распределением теплового сопротивления пород в различных участках месторождения. Аналогии, существующие между законами фильтрации воды, поведением электрического тока и теплового потока, облегчают это изучение и позволяют моделировать процессы, происходящие в месторождениях термоминеральных вод.

Гидрогеологическое районирование и картирование

После Великой Октябрьской социалистической революции возникла необходимость учета всех природных богатств нашей Родины, в том числе и «самого драгоценного ископаемого» (по выражению А. П. Карпинского), без которого невозможна жизнь,— подземной воды. Уже в 1920 г. выходит в свет сводная работа по минеральным водам А. П. Герасимова⁴¹. В 1922 г. в Геологическом комитете М. М. Пригоровский подготовил первое обобщение по артезианским водам Русской равнины⁴². В 1923 г. на первой Всесоюзной сельскохозяйственной выставке демонстрировалась карта грунтовых вод Европейской части СССР, составленная В. С. Ильиным⁴³. На этой карте нашли отражение замечательные идеи о зональности природных явлений В. В. Докучаева. В дальнейшем подобная карта была составлена для всей территории СССР О. К. Ланге (1947)⁴⁴. Велика роль в изучении поверх-

⁴¹ Герасимов А. П. Минеральные воды в России.— Естеств. производ. силы России. АН, 1920, т. 4, вып. 40, с. 27.

⁴² Пригоровский М. М. Артезианские воды Русской равнины.— Изв. Геол. ком., 1922, т. 41, № 1, с. 31—34.

⁴³ Ильин В. С. Грунтовые воды.— В кн.: БСЭ. 1-е изд., 1930, т. 19, с. 124 (с картой).

⁴⁴ Ланге О. К. О зональном распределении грунтовых вод на территории СССР. О районировании грунтовых вод.— В кн.: Очерки по региональной гидрогеологии СССР. М.: МОИП, 1947, с. 58—63.

ностных и подземных вод сотрудников Государственного гидрологического института. Именно здесь осуществился первый кадастр подземных вод и было проведено районирование грунтовых и артезианских вод Русской платформы (Б. Л. Личков)⁴⁵. Вопросы гидрогеологического районирования обсуждались на Первом Всесоюзном гидрогеологическом съезде в Ленинграде, в 1931 г. (Б. К. Терлецкий и др.). Большое значение для районирования артезианских вод имели сводные работы, проведенные в 1925—1934 г. А. Н. Семихатовым⁴⁶.

Обобщение материалов по подземным водам, проведенное в различных организациях, и особенно в ЦНИГРИ, позволило выработать в 1937 г. определенные принципы гидрогеологического районирования. Они были впервые применены для территории всего Советского Союза М. М. Васильевским и его сотрудниками. В основу районирования был положен геоструктурный признак и выделены основные гидрогеологические единицы: бассейны, провинции, горно-складчатые области, районы. Большое внимание вопросам гидрогеологического районирования уделял в своих работах Г. Н. Каменский⁴⁷. В 1931 г. на Первом Всесоюзном гидрогеологическом съезде он выдвинул понятие о «гидрогеологическом типе», а затем осветил закономерности распространения грунтовых и артезианских вод на территории СССР и составил обзорные карты для грунтовых вод (на принципе зональности) и для артезианских (на принципе структурного расчленения). Региональным обобщениям по минеральным водам были посвящены работы Н. И. Толстихина⁴⁸, составившего первую схему «провинций минеральных вод», выделенных по химическим и газовым

⁴⁵ Личков Б. Л. Изучение подземных вод в связи с задачами Единой гидрометеорологической службы.— Изв. ГГИ, 1931, № 34, с. 27. *Он же*. Основные черты классификации подземных вод СССР.— В кн.: Исследование подземных вод СССР. Л.: ГГИ, 1933, вып. 2, с. 8—9.

⁴⁶ Семихатов А. Н. Артезианские и глубокие грунтовые воды Европейской части СССР. М.: ГИЗ, 1925; *Он же*. Подземные воды СССР. Л.: Гор.-геол.-нефт. изд-во, 1934.

⁴⁷ Каменский Г. Н. Гидрогеологический тип как основная единица гидрогеологического районирования.— В кн.: Водные богатства недр Земли — на службу социалистическому строительству. М.: Геолразведиздат, 1933, вып. 8, с. 17—19; *Васильевский М. М.* О гидрогеологическом районировании территории СССР.— Природа, 1940, № 4, с. 29—31.

⁴⁸ Толстихин Н. И. Провинции минеральных вод СССР.— Сов. геология, 1938, № 3, с. 21—23.



Содружество ученых. А. М. Овчинников (справа) и Г. Н. Каменский. 1954 г.

признакам, в дальнейшем изданную в виде схематической карты природных минеральных вод СССР (под редакцией А. И. Дзэнс-Литовского и Н. И. Толстихина, 1945). Ценный вклад в разработку вопросов гидрогеологического районирования на примере Украинской ССР внес К. И. Маков (1939, 1941)⁴⁹. Выделяя районы по геолого-структурному принципу, он уделял внимание роли геологической истории и, по существу, одним из первых начал применять методы палеогидрогеологического анализа. Закономерности зонального распределения грунтовых вод были освещены в работах Ф. П. Саваренского⁵⁰, показавшего связь состава грунтовых вод с климатом, почвами, растительностью и процессами выветривания. В своей последней, посмертно опубликованной работе он затронул важные моменты, касающиеся гидрогеологического районирования (1947). Им было отмечено, что «понятие гидрогеологического районирования переплетается с понятием гидрогеологического картирования», так как задача

⁴⁹ *Маков К. И.* О гидрогеологическом районировании Причерноморья.— Сов. геология, 1939, № 7, с. 16—18; *Он же.* Подземные воды Днепровско-Донецкой впадины. Киев: Геол. упр. УССР, 1941.

⁵⁰ *Саваренский Ф. П.* О принципах гидрогеологического районирования.— Сов. геология, 1947, № 4, с. 15—18.

заключается в оконтуривании и нанесении на карту об-новных водоносных горизонтов различных гидрогеологи-ческих районов. Большое оживление в вопросы региональ-ной гидрогеологии внесли идеи Н. К. Игнатовича⁵¹, каса-ющиеся зональности подземных вод артезианских бассейнов и гидрогеологической оценки структур. В 1947 г. интересные соображения о принципах гидрогеологическо-го районирования высказал И. К. Зайцев⁵². В частности, он выдвинул принцип составления единой схемы райони-рования для напорных и безнапорных вод, положив в основу гидродинамическую зональность. Дальнейшая раз-работка этого принципа позволила коллективу ВСЕГЕИ перейти к составлению очень ценной гидрохимической карты СССР (1956).

Как полагал А. М. Овчинников, основным элементом гидрогеологического районирования должен являться бассейн подземных вод, характеризующийся размерами, формой и строением. Бассейны подземных вод могут быть приурочены к водоносным комплексам одной или несколь-ких геологических структур, а некоторые из них захваты-вают только часть структуры. Трещинные воды также об-разуют бассейны; их истинное строение устанавливается на основе тщательного структурного анализа. В отличие от геологической карты, иллюстрирующей в плоскостной проекции взаимоотношения двух элементов — геологиче-ской структуры и рельефа, гидрогеологическая карта должна отображать взаимоотношения трех элементов: геологической структуры, рельефа и подземной воды. Два первых элемента могут рассматриваться как статиче-ские, третий же является динамическим. В целях изуче-ния динамики подземных вод необходимо составлять ряд карт для различных моментов времени. На эти карты следует наносить количественные показатели, характери-зующие состояние подземных вод (уровень воды, напор, дебит, температура и т. д.). В гидрогеологии распростра-нены карты изолиний (гидроизогипс, изопьез, изотерм, изохлор и др.), характеризующие состояние подземных вод на определенный промежуток времени.

Нагромождение на одной карте всех показателей за-

⁵¹ *Игнатович Н. К.* Зональность, формирование и деятельность подземных вод в связи с развитием геоструктуры.— *Вопр. гидрогеологии и инж. геологии*, 1950, вып. 13, с. 35—38.

⁵² *Зайцев И. К.* Принципы гидрогеологического районирования.— *Сов. геология*, 1947, № 9, с. 41—46.

трудняет ее чтение. Поэтому для каждого изучаемого района ученый рекомендовал составлять серию параллельных карт одного масштаба, отображающих различные элементы жизни подземных вод. Такие карты помогают анализировать условия залегания и движения подземных вод. Помимо этого, для общего представления о районе могут быть составлены сводные синтетические карты, на которые наносятся наиболее важные черты гидрогеологии районов (границы бассейнов, областей питания, напора, разгрузки и т. п.).

По мнению А. М. Овчинникова, на гидрогеологической карте должны быть показаны закономерности распространения подземных вод, а так как подземная вода является динамическим ископаемым, подчиняющимся законам гидравлики, то на картах следует отразить динамику вод, и в первую очередь характерные особенности различных гидрогеологических районов. Каждый выделяемый район характеризуется своими чертами распределения основных типов подземных вод (верховодка, грунтовые, артезианские воды) и различными соотношениями между областями питания, распространения, стока или разгрузки подземных вод. В каждом районе в процессе его исторического развития создается своя гидрогеохимическая зональность, в значительной мере связанная со степенью интенсивности водообмена.

Выявление этих типичных черт любого гидрогеологического района — одна из основных задач гидрогеологического картирования. Очень важно иметь в виду, что гидрогеологические границы, подчиняясь своим закономерностям, не обязательно совпадают с геологическими. Во многих случаях их проводят условно, так как местами может происходить перетекание воды из одного бассейна в другой. Однако это не исключает необходимости ясно и четко показывать геологический фон, на который накладываются гидрогеологические условия.

Большое внимание А. М. Овчинников уделял гидрогеохимическому картированию. Главной задачей такого картирования является выяснение закономерностей формирования различных типов подземных вод, особенно минеральных, термальных и рассолов, обогащенных микрокомпонентами, в целях поисков месторождений полезных ископаемых, в том числе и месторождений минеральных вод. Гидрогеохимические карты преследуют цель показать характер гидрогеохимических процессов, которые протекают в термодинамических условиях той зоны, в которой

мигрируют подземные воды. Ученый считал, что правильные гидрогеохимические выводы могут быть сделаны лишь в том случае, если собранные данные будут тщательно систематизированы и графически обработаны при помощи математической статистики и применения графо-аналитического метода. Следовательно, на гидрогеохимических картах нужно стремиться показать положение подземных вод в рамках определенных водонапорных систем, особенности которых определяются комплексом факторов (геолого-структурных, литологических, геоморфологических, гидрогеологических, климатических). Однако процесс нанесения на гидрогеохимические карты динамических месторождений подземных вод со всеми их особенностями сопряжен с большими трудностями. Поэтому ученый рекомендовал применять метод изолиний и параллельных карт, накладываемых друг на друга. Гидрогеохимическая карта, по мнению А. М. Овчинникова, должна прежде всего дать ясное представление об условиях залегания месторождений подземных вод, что может быть показано стратоизогипсами кровли и подошвы основных водоносных комплексов и контурами месторождения; о направлении движения подземных вод, что показывается гидроизогипсами, пьезоизогипсами и стрелками; о распространении подземных вод различного химического состава, для чего необходимо принять стандартные цвета и штриховки. Примером обзорной гидрогеохимической карты может служить карта СССР, составленная на основе карты подземных минеральных вод В. В. Ивановым, А. М. Овчинниковым, Л. А. Яроцким.

Степень загруженности гидрогеологических карт, считал А. М. Овчинников, определяется их целевым назначением и масштабами. Нет необходимости делать карты слишком перегруженными, с очень сложной легендой. Ученый считал, что *обзорные* карты должны показывать общие закономерности распространения подземных вод (грунтовых, артезианских, пресных, минеральных и т. п.). Эти закономерности хотя и отражают общие климатические, ландшафтные, почвенные, геолого-структурные и иные условия, но все же подчиняются своим гидрогеологическим законам, отражающим суммарное воздействие многих природных факторов и геологическую историю. *Региональные* карты призваны включать всю территорию бассейна подземных вод, в том числе и области питания, распространения и стока вод. Гипсометрия и гидрология бассейна должны быть хорошо выявлены.

Площадные гидрогеологические карты должны охватывать структуры, прилегающие к очагам питания, стока или разгрузки, а в случае небольших бассейнов — всю территорию бассейна. Структурная карта для основного горизонта подземных вод здесь крайне необходима. *Детальные* гидрогеологические карты должны показывать очаги стока или разгрузки подземных вод и отдельные участки бассейнов и потоков, причем на картах следует наметить депрессионные воронки, которые образуются как у естественных источников, так и у грунтовых и артезианских колодцев, когда они эксплуатируются путем откачки насосом или самоизливаются.

Детальными гидрогеохимическими картами принято называть карты масштабов крупнее 1 : 100 000. На них обычно представлена только часть бассейнов подземных вод с нанесением участков разгрузки подземных вод, месторождения подземных вод, водозаборы и т. п. По сравнению с обзорными и региональными картами требования к точности показа гидрогеохимических условий значительно возрастают: они должны наиболее точно иллюстрировать динамику подземных вод и направление гидрогеохимических процессов. Основные показатели на этих картах выражаются изолиниями. В первую очередь наносят гидроизогипсы и изопьезы. На детальных гидрогеохимических картах нужно отчетливо выделять воды, находящиеся непосредственно над рудной залежью; образующие ореол рассеяния; фоновые. Выявлению фоновых концентраций рудных залежей следует уделять особое внимание.

Ученый-интернационалист. Человек

Александр Михайлович Овчинников постоянно поддерживал тесную связь с зарубежными учеными, работавшими в области гидрогеологии. В 1956 г. по приглашению Болгарской академии наук он выезжал в Болгарию для консультации гидрогеологических работ по минеральным и термальным водам. Ученый ознакомился с постановкой исследований на болгарских термальных источниках и составил проект дальнейшего развития гидрогеологических работ в целях использования термальных вод как для курортного строительства, так и для сельскохозяйственных целей (устройство теплиц для выращивания ранних овощей). В 1960 г. по приглашению Министерства здравоохранения Болгарии А. М. Овчинников вторич-

но посетил большинство объектов, на которых производились буровые работы, и мог убедиться, что болгарские специалисты умело использовали сделанные предложения и достигли больших успехов в использовании термоминеральных вод для развития народного хозяйства и строительства бальнеологических курортов.

На основе личных исследований и ознакомления с работами А. Азманова, П. Пенчева, Е. Бончева, С. Димитрова, Б. Каменова и др. ученый установил закономерности распространения минеральных вод на территории Болгарии, выделил гидрогеохимические области подземных вод и составил схему водонапорных систем артезианского типа. В результате гидрогеологических исследований им опубликованы статьи «Происхождение термальных вод в связи с их практическим использованием в Болгарии» [80], «Термы Болгарии» [98] и «Результаты гидрогеологических работ на курортах Болгарии» [119].

В 1958 и 1959 гг. А. М. Овчинников выезжал в Чехословакию, где читал лекции по гидрогеологии на геолого-географическом факультете в Братиславском университете им. Яна Амоса Коменского. Помимо лекций, ученый оказывал научно-методическую помощь преподавателям, составлял программы научных дисциплин, проводил семинары. Особенно высоко была оценена его помощь при организации отделения гидрогеологии в Братиславском университете и в совместной научно-исследовательской работе по изучению геологического строения Западных Карпат. Лекции, прочитанные А. М. Овчинниковым в университете им. Яна Амоса Коменского, стали первым учебником по гидрогеологии на словацком языке. Статьи ученого в «Технических новинках» и «Геологическом сборнике» познакомили широкую общественность с теоретическими проблемами и актуальными задачами гидрогеологических исследований и послужили импульсом к развитию гидрогеологических работ в Чехословакии. 27 января 1959 г. общее собрание Чехословацкого общества по минералогии и геологии при Чехословацкой академии наук в Праге единогласно избрало А. М. Овчинникова своим почетным членом. В трудах Международного бальнеологического конгресса в Марианске-Лазне (Прага, 1959) ученый опубликовал статью о происхождении лечебных минеральных вод в связи с их практическим использованием [85].

В 1959 г. А. М. Овчинников выезжал для проведения консультаций, чтения лекций и докладов в Польшу и



Памятная серебряная медаль в честь 200-летия Фрейбергской горной академии (ГДР), врученная А. М. Овчинникову в 1965 г. На лицевой стороне медали изображены барельефы основоположников академии — Фридриха Вильгельма Опеля и Фридриха Антона Хейнитца. На обратной стороне — эмблема горняков и надпись по окружности: «200-летие Фрейбергской горной академии, 1965 г.»

Венгрию и участвовал в работе третьей сессии Международной ассоциации гидрогеологов в Испании (Мадрид) в качестве заместителя председателя гидрогеологической секции Национального комитета геологов СССР. На сессии обсуждались доклады по темам: гидрогеологические карты, гидрогеология карста, баланс и запасы подземных вод, методика разведки подземных вод. Во время экскурсии по Андалузии А. М. Овчинников выступил в г. Хаэне с докладом о гидрогеологии горных стран, вызвавшим оживленное обсуждение. В итоге его поездки появился «Очерк гидрогеологии Испании» [124].

На пятом съезде Карпато-Балканской геологической ассоциации в Румынии (Бухарест, 1961) А. М. Овчинников сделал доклад «Основные черты Карпато-Балканской дуги в связи с изучением минеральных вод». В том же году Венгерское гидрогеологическое общество избрало ученого своим почетным членом и наградило его грамотой за укрепление связей с венгерскими учеными.

А. М. Овчинников поддерживал традиционную научную связь с Фрейбергской горной академией (ГДР), в стенах которой учились и работали выдающиеся русские ученые, в частности М. В. Ломоносов. В зимнем семестре 1963/1964 г. А. М. Овчинников читал курс лекций по геохимии на кафедре минералогии и месторождений полезных ископаемых. В лекциях он изложил перед

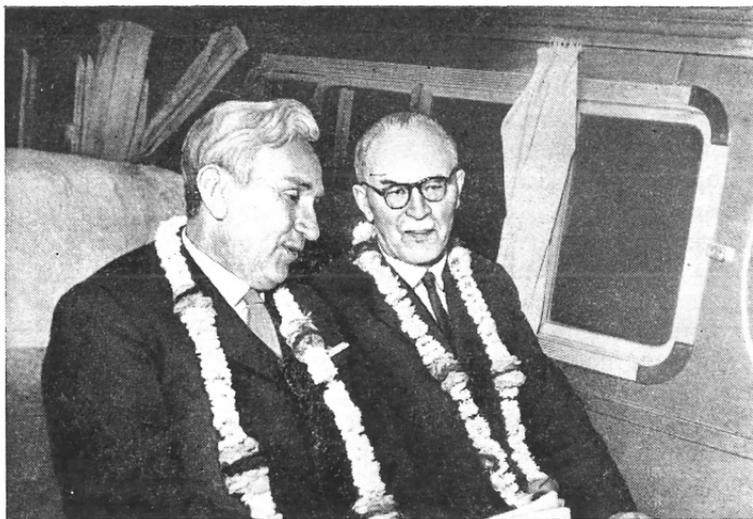
студентами академии новые представления о геохимии и гидрогеохимии полезных ископаемых. Одновременно ученый принимал участие в работе минералогического совещания в г. Вернигороде (ГДР).

На торжественном заседании Сената Фрейбергской горной академии по поводу 200-летнего юбилея этого учебного заведения (1765—1965) А. М. Овчинников был награжден почетным дипломом и памятной серебряной медалью.

В 1963 г. А. М. Овчинников выезжал в ОАР, в район Суэцкого залива и Синайского полуострова, для консультации и руководства производственными практиками арабских студентов и аспирантов. В 1964 г. А. М. Овчинников принимал участие в 22-й сессии Международного геологического конгресса в Индии (Нью-Дели), одновременно с которой состоялась сессия Международной ассоциации гидрогеологов. На этих сессиях ученый сделал два доклада — «Проблемы гидрогеологии и гидрогеохимии» и «Методы гидрогеохимических исследований и определения возраста подземных вод», а также принимал участие в обсуждении проекта составления Международной гидрогеологической карты Европы в масштабе 1 : 1 500 000. В том же году А. М. Овчинников участвовал в работе 7-го конгресса Карпато-Балканской геологической ассоциации в Болгарии, где выступил с докладом «Гидрогеохимия альпийской складчатой зоны (на примере Карпат и Кавказа)».

Рост взаимных связей и личные контакты ученого с ассоциацией Итальянской гидротермальной техники (Рим) способствовали их лучшему взаимному пониманию в области изучения термальных и минеральных вод. Высоко оценивая научные заслуги и достижения советского ученого, итальянская ассоциация избрала его в 1966 г. своим членом-корреспондентом.

В 1968 г. А. М. Овчинников присутствовал на 23-й сессии Международного геологического конгресса в Чехословакии (Прага). В трудах конгресса были опубликованы его работы «Генезис и распространение вод альпийской складчатой области» [132] и «Геохимия подземных вод и ее значение при поисках месторождений полезных ископаемых и минеральных вод» [136]. А. М. Овчинников участвовал и в заседаниях симпозиума по генезису минеральных и термальных вод Международной ассоциации гидрогеологов, который состоялся тогда же в Праге.



А. М. Овчинников (слева) и Л. А. Русинов — делегаты XXII сессии Международного геологического конгресса в Индии (Нью-Дели, 1964/1965 г.)

На протяжении многих лет МГРИ готовил студентов и аспирантов гидрогеологического профиля для зарубежных стран.

Среди студентов и аспирантов А. М. Овчинникова были представители ЧССР, НРБ, ВНР, ПНР, СРВ, КНР, АРЕ и других зарубежных стран.

Александр Михайлович Овчинников — неутомимый искатель и исследователь земных недр нашей страны, блестящий пропагандист и популяризатор гидрогеологической науки — всегда стремился донести свои знания и опыт до своих учеников. В течение всей своей педагогической деятельности в МГРИ ученый готовился к лекциям самым тщательным образом. В лекциях, живых и увлекательных, он широко использовал материалы собственных исследований, знакомил студентов с новыми работами советских и зарубежных гидрогеологов. Поэтому его слушатели всегда были в курсе новейших достижений в области геологии и гидрогеологии. Огромное значение ученый придавал необходимости приобретения молодыми преподавателями и студентами, как будущими руководителями производства, экономических и политических знаний. Профессор И. К. Гавич, много лет проработавшая с

Александром Михайловичем на кафедре гидрогеологии и радиогидрогеологии МГРИ, вспоминала:

«Утро. Через 15 мин. начнутся учебные занятия. Молодые преподаватели листают конспекты. Вдруг открывается дверь кафедры, появляется Александр Михайлович и с порога говорит: «Вы читали сегодня передовую статью «Правды», какие огромные задачи там ставятся перед гидрогеологией в области мелиорации, а в «Экономической газете» обратите внимание на статью о рациональном использовании подземных вод, в газете «Труд»...». Нам неловко, мы еще не успели прочитать эти статьи, а ученый подходит к своему столу и заканчивает: «Вот несую эти газеты студентам, хочу показать статьи»».

В аудиторию Александр Михайлович приходил всегда со стопкой книг и свертком карт, чертежей и таблиц, которые составлял сам с большим художественным вкусом. Лекции читал оригинально, сообщая просто и доходчиво самое главное, нередко используя присущий ему тонкий юмор. И. К. Гавич пишет: «Идет одна из лекций по региональной гидрогеологии у студентов старшего курса. Александр Михайлович берет кусочек мела, и на доске за несколько секунд, как по волшебству, появляется схема одного из каптажей минеральных вод Северного Кавказа. Нарисованы и объяснены условия выхода минеральных вод. Но вот он взглянул на часы, заметил небольшую усталость студентов и, лукаво улыбнувшись, заканчивает объяснение словами: «А вот это гидрогеолог в ванне, первый испытывает на себе целебное действие минеральных вод». Аудитория оживляется, а ученый, минутку помедлив, продолжает лекцию, показывая студентам недавно полученную им из Сибири, Средней Азии или из-за рубежа монографию по подземным водам».

А. М. Овчинников стремился развивать у студентов самостоятельность и творческий подход к изучаемым природным объектам, показывая на конкретных примерах перспективы развития гидрогеологии. Любовь и внимание к каждому человеку, доброта и доброжелательность придавали ученому особое обаяние. Отличительной чертой его характера была простота в обращении, одинаковая со всеми, кто с ним соприкасался. Интересны воспоминания об Александре Михайловиче его ученицы и коллеги по кафедре гидрогеологии МГРИ С. М. Семеновы-Ерофеевой.

«Конец ноября 1943 г. Прямо с фронта, на другой день после приезда бегу в МГРИ восстанавливаться в число студентов. Декан А. М. Овчинников: «Ну что Вы, Софья

Михайловна, так сразу и учиться, да еще хотите идти на третий курс, ведь семестр практически заканчивается. Идите на второй — все вспомните, отдохните, подлечитесь», — с мягкой и доброй улыбкой, совсем не административно, а как-то по-домашнему, родственно говорит Александр Михайлович. «Нет, нет, я советую Вам отдохнуть, а то и так одна кожа да кости от Вас остались. Набирайтесь сил». — «Не могу я, Александр Михайлович, ни минуты терять времени. Я даже во сне на фронте видела наш МГРИ. Ведь целый год пропадает!» Александр Михайлович смотрит внимательно и добро: «Ну, уж если год пропадает, — говорит он, подчеркивая это слово, — тогда начинайте заниматься, догоняйте, я Ваш союзник и разрешаю свободное посещение лекций». ...Внимание и заботливость, так свойственные натуре ученого, вскрылись в этом разговоре. Он умел верить в людей и этим вселял в них силы. Экзамены проходили всегда в непринужденной обстановке, обычно в виде беседы. Надо было видеть огорчение Александра Михайловича, если ответ студента был скуден, но, если он знал вопрос, начиналась оживленная беседа.

Заседание кафедры, 1950 г. Спокойно, петоропливо, но требовательно и внимательно обсуждаются дела. Полное отсутствие каких-либо элементов формализма. Александр Михайлович рассказывает о поездке в Чехословакию свежо и настолько образно, что кажется и ты побывал вместе с ним. «А вот каждому гидрогеологический сувенир» — окаменевшая веточка из Карлово-Варских минеральных источников.

1959 год. Ухожу с кафедры гидрогеологии МГРИ в научно-исследовательский институт ВСЕГИНГЕО. Впервые Александр Михайлович говорит со мной взволнованно, убеждает остаться и продолжать педагогическую работу: «Ведь у Вас получается». Нет ни раздражения, ни нажима, а лишь нескрываемое искреннее огорчение и сожаление. Мне стыдно... Так мог говорить только очень душевный и искренний человек, который любит свою науку, педагогический долг считал высшим долгом. Так мог говорить человек, которому были безразличны судьбы его учеников».

Александр Михайлович был внимательным слушателем и мудрым советчиком. К нему часто приходили студенты, аспиранты и молодые инженеры, чтобы получить необходимые сведения по геологии, гидрогеологии и научной литературе, которые необходимы перед отъездом на

учебную практику или самостоятельные полевые работы. Каждому, кто приходил за советом, ученый с увлечением рисовал геологические схемы и разрезы изучаемых районов, указывая, на что нужно обратить особое внимание. Его записи, дневники — все было к услугам пришедшего. Александр Михайлович призывал молодежь изучать подземные воды, не отрываясь от конкретной геологической обстановки, считал, что для разведчиков подземных вод обязательно знание региональных закономерностей их распространения. При этом он обращал внимание собеседника на точность наблюдений и записей как на первое и неперемutable условие в работе. На конкретных примерах показывал, как надо подходить к сбору, изучению и обработке первичного фактического материала, считая, что в процессе исследований нужно получать как можно больше разнообразной информации, применяя в полевых и экспериментальных исследованиях физико-химические, геохимические, изотопные, математические и другие методы. Он обладал даром направлять ход разговора на самое существенное и на ту область, которая была хорошо знакома собеседнику, стремясь, в свою очередь, обогатить свои знания у людей, с которыми общался, говоря: «...учиться надо всю жизнь, сколько бы ни узнали, мы знаем мало». Ученый был особенно рад, когда студенты или аспиранты, вернувшись с практики, сообщали что-либо новое. Каждый шаг на пути к истине горячо приветствовался. Ему хотелось, чтобы лучшие традиции гидрогеологической школы МГРИ передавались из поколения в поколение.

Александр Михайлович охотно посещал производственные практики студентов и аспирантов, живо интересовался их условиями труда и быта. Обычно он ходил в маршруты, окруженный студентами и местными работниками, которые старались не пропускать его объяснения. С. М. Семенова-Ерофеева вспоминает:

«Лето 1944 года. Группа студентов работает на Кавказе, в районе Кавказских минеральных вод. Александр Михайлович приезжает на базу в др. Николаевку, под Бештау. Перед отъездом в поле он рекомендовал нам познакомиться с некоторыми работами по району. И каково же было наше удивление, когда он начал разговор именно с обсуждения этих работ. Прочли мы их по-студенчески, «по диагонали», как теперь говорят. Заметив наше смущение, он достал толстую тетрадь в коричневом клеенчатом переплете и начал обсуждать с нами сделан-

ные им конспекты этих работ, объяснять, на что нам надо обратить свое внимание. Это был урок мне на всю жизнь, как надо готовиться к полевым работам, даже зная район. Дальше последовал разбор наших полевых маршрутов, были белые пятна. Ученый, взяв карандаш, показал нам, где можно рассчитывать на получение того или иного количества подземной воды, предугадывая примерно, каков будет их химический состав и температура. Слушали недоверчиво и лишь после окончания работ убедились, что все его предположения полностью подтвердились проведенными анализами. Тогда мы поняли, насколько остро у Александра Михайловича развито чувство пространственного мышления в геологии, основанного на опыте и глубоких знаниях. В полевых условиях А. М. Овчинников был веселым, обаятельным человеком, чудесным собеседником. Маршруты, в которые мы с ним ходили, всегда превращались не только в глубоко познавательное общение, но они были для нас настоящим праздником».

Во время полевых работ Александр Михайлович был неутомим и делил с молодежью все трудности и невзгоды экспедиционной жизни. «Он мог передвигаться на чем угодно, питаться самой простой пищей и спать в любой обстановке», — вспоминают В. Б. Адилов, Т. И. Гавич, Г. Я. Богданов, работавшие с ученым в 60-х годах в Средней Азии и в Восточной Сибири, посетившие Аршан и другие сибирские курорты, плававшие по оз. Байкал и изучавшие вместе с ним гидрогеологическую роль этого водоема в формировании подземных вод региона. Ученый отличался большой наблюдательностью и всегда тщательно записывал и зарисовывал в полевой дневник все геологические и гидрогеологические явления, иллюстрируя их схемами и разрезами. С полевой книжкой он не расставался никогда.

Опубликованные работы А. М. Овчинникова представляют образец сочетания широкой постановки задач с глубокой, точной, детальной разработкой каждой отдельной темы. Очень часто результаты своего огромного многолетнего труда ученый воплощал в скромную форму небольшой по объему статьи, написанной простым, доступным каждому языком. Насыщенные идейным содержанием и обоснованные фактическим материалом, работы А. М. Овчинникова сохранили научное значение до настоящего времени.

Еще одной областью, в которой проявились во всей широте научные интересы А. М. Овчинникова, его огром-

ная эрудированность и глубокая заинтересованность в привлечении внимания научной общественности к наиболее перспективным направлениям гидрогеологической науки явилась его деятельность в московском Доме ученых. Он был инициатором и организатором секции исследований земных недр, которая объединила вокруг себя представителей ряда наук, изучающих Землю, — геологов, гидрогеологов, геофизиков, специалистов горной науки. Возглавив эту секцию, ученый оставался ее бесшумным руководителем около 20 лет, вплоть до своей смерти.

О работе А. М. Овчинникова в Доме ученых вспоминают Л. Л. Ляхов и А. А. Лучшева, многие годы сотрудничавшие с ним в секции исследований земных недр.

«Александр Михайлович умело подбирал тематику для заседаний секции, которая всегда оказывалась и интересной, и актуальной, и — в хорошем смысле — злободневной. Доклады по отдельным проблемным вопросам наук о Земле чередовались с сообщениями об интересных экспедиционных исследованиях советских ученых, об их зарубежных поездках, участии в геологических конгрессах, международных симпозиумах и конференциях. Все это как нельзя лучшим образом способствовало объединению вокруг секции геологов разных профилей и ученых из институтов Академии наук СССР, Министерства геологии СССР и вузов Москвы.

А. М. Овчинников много делал для того, чтобы привлечь к работе секции научную молодежь. Каждое заседание секции он открывал вступительным словом, которое вводило его участников в круг вопросов предстоящего доклада, а для молодых докладчиков являлось еще ободряющим напутствием... И каждое заседание он умел завершить продуманным заключением. И тогда каждый участник заседания невольно задавался вопросом: кто же Александр Михайлович — гидрогеолог? геолог? тектонист? минералог? а может быть, геофизик? А ответ был один: Александр Михайлович был ученым огромных, широких знаний, круг научных интересов которого выходил далеко за пределы одной только гидрогеологии; именно благодаря этому он мог занять ведущее положение в современной гидрогеологической науке и стать ученым с мировой известностью.

Стоит только заглянуть в архивы Дома ученых и ознакомиться с отчетами секции, как убедишься в том, насколько разнообразно, интересно и актуально планиро-

валась ученым работа секции. На ее заседаниях члены МДУ познакомились с результатами первых исследований дна Мирового океана, которые были начаты рейсами «Витязя», а позднее — с новыми достижениями в области геологии океанических впадин; на секции впервые начали обсуждаться такие новые направления гидрогеологии, как проблемы связи поверхностных и подземных вод, подземных и океанических вод, гидрогеохимия и другие; члены секции следили за формированием и бурным развитием такого важного направления современной теоретической геологии, как тектоника литосферных плит...

Члены секции из первых рук получали новые сведения о геологии Антарктиды, Африки, Австралии, Новой Зеландии... И глазами докладчиков видели эти далекие, интересные, незнакомые части и страны Земли. И конечно, всегда были в курсе последних достижений отечественной геологической науки в области изучения строения и минерально-сырьевой базы родной страны.

Вот почему Александр Михайлович пользовался огромным, безоговорочным авторитетом среди членов Дома ученых, которые неизменно избирали его в состав совета Дома. Неудивительно, что заседания секции исследований земных недр привлекали к себе внимание не только специалистов в области наук о Земле, но и других, часто далеких от геологии направлений. А это не могло не способствовать общему прогрессу советской науки, превращению ее в одну из решающих отраслей человеческой деятельности.

В 1981 году секция исследований земных недр организовала вечер в Доме ученых, посвященный памяти Александра Михайловича, который привлек большое число представителей гидрогеологической и геологической науки Москвы. Участники вечера увидели большую выставку научных трудов Александра Михайловича и были поражены обилием рисунков, акварелей и прозвучавшими стихотворениями этого удивительно разностороннего человека».

Помимо работы в Доме ученых, А. М. Овчинников вел и другую научно-общественную работу. Он был заместителем председателя гидрогеологической секции Национального комитета геологов СССР и членом Карпато-Балканской геологической ассоциации. Он состоял членом Общества по распространению научных и политических знаний, членом президиума Центрального научно-курортного совета Министерства здравоохранения СССР, членом

Комиссии по изучению подземных вод Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР и членом многих других организаций. Он активно сотрудничал в реферативном журнале Института научной информации АН СССР в качестве редактора раздела «Гидрогеология», работал в редколлегии журнала «Известия вузов. Геология и разведка», в экспертной комиссии ВАК, являлся членом экспертной геологической комиссии Минвуза СССР, научным консультантом по гидрогеологии, грунтоведению и инженерной геологии 3-го издания БСЭ.

Пытливый ум ученого до последних минут жизни — 1 июля 1969 г. — оставался ясным, логичным и творческим. Это ощущали все, кто когда-либо встречался с Александром Михайловичем. Беззаветное служение науке, плодотворная педагогическая деятельность, интересная общественная жизнь — все это неотделимо от яркого образа А. М. Овчинникова. Он был прекрасным человеком, очень любил природу и искусство во всех его проявлениях, особенно живопись, поэзию и музыку. Любил он и спорт — лыжи, теннис...

Заключение

Гидрогеология в нашей стране развивается быстрыми темпами, и с каждым годом все более пророческими звучат слова первого президента АН СССР известного геолога академика А. П. Карпинского о том, что нет более драгоценного полезного ископаемого на Земле, чем вода, без которой невозможна жизнь. Высоким признанием заслуг гидрогеологов перед нашей страной является присуждение в 1981 г. большой группе ученых и практиков Государственной премии СССР за работы в области гидрогеологии. Среди лауреатов можно назвать таких учеников А. М. Овчинникова, как Л. С. Язвина, Б. В. Боревского.

Сейчас нет ни одной отрасли гидрогеологии, где бы в той или иной степени не находили отражение плодотворные идеи А. М. Овчинникова. Так, дальнейшее развитие его представлений о гидрогеологических структурах получило в работах члена-корреспондента АН СССР П. Ф. Швецова, Б. Ф. Маврицкого, Н. В. Роговской и др. К определению содержания гидрогеологии как науки, данному А. М. Овчинниковым, сейчас по велению времени добавляются вопросы активного влияния на гидрогеологические процессы производственной и коммунально-хозяйственной деятельности людей, имеющей название техногенеза.

Современная гидрогеология основное внимание уделяет проблеме гидрогеологических прогнозов, причем теоретической основой проблемы является формирование подземных вод, чему, собственно, и посвятил всю свою творческую жизнь А. М. Овчинников. Первая Всесоюзная гидрогеологическая конференция, проходившая в Москве в 1982 г., была специально посвящена формированию подземных вод как основе гидрогеологических прогнозов. Многие идеи Александра Михайловича Овчинникова на этой конференции получили достойное признание и развитие.

Большие достижения имеются в учении о *месторождениях минеральных вод*. Сора́тниками А. М. Овчинникова по изучению минеральных вод — Б. В. Ивановым и Л. А. Яроцким составлены и изданы карты минеральных вод СССР в масштабах 1:4 000 000 и 1:2 500 000, в которых отражены многие положения ранее составленной ими совместно с Александром Михайловичем карты минеральных вод масштаба 1 : 7 500 000. Наблюдается быстрый рост использования минеральных вод: сейчас в СССР эксплуатируется более 500 месторождений минеральных вод, в том числе свыше половины — курортами и санаториями; совершенствуются классификации минеральных вод, методы их поисков и разведки, разрабатываются новые критерии оценки их состава (работы Н. И. Толстихина, В. В. Иванова, И. Я. Пантелеева, Г. С. Вартамяна, Г. Н. Плотниковой и др.).

Дальнейшее развитие идей А. М. Овчинникова о *водонапорных системах* земной коры и геологической роли очагов разгрузки подземных вод получило в трудах его ученика Г. Я. Богданова. В своей статье «О выделении водонапорных систем и бассейнов подземных вод» (1978) он разработал схему строения водонапорной системы в синеклизах и впадинах древних эпипалеозойских платформ, развил понятие «водонапорная система», данное А. М. Овчинниковым. Г. Я. Богданов подчеркивает, что выделение водонапорной системы как элемента гидрогеологического районирования первого порядка устраняет произвольное применение понятия «артезианский бассейн» и открывает перспективы для дальнейшего развития принципов гидрогеологического районирования. Широкое использование понятия «водонапорные системы» мы находим в трудах А. А. Карцева, В. Н. Корценштейна, Г. П. Якобсона и других ученых. Так, А. А. Карцев предложил деление природных водонапорных систем по генетическому признаку — генезису и механизму возникновения напора. Исходя из этого принципа, им были выделены элизионные и инфильтрационные водонапорные системы.

Весьма плодотворным являются идеи А. М. Овчинникова о том, что с древними очагами разгрузки подземных вод связаны многие гидротермальные месторождения полезных ископаемых, нефтегазовые залежи и промышленные рассолы. Очень интересны в этом отношении исследования его ученика — Л. С. Фарфеля о роли под-

зёмных вод в гидротермальном сульфидном рудообразовании (1980). Г. Я. Богданов на примере Ангаро-Ленского артезианского бассейна показал роль очагов разгрузки вендско-мотского комплекса в формировании нефтяных и газовых месторождений [151].

А. М. Овчинниковым совместно с Г. Н. Каменским, Н. И. Толстихиным и И. К. Зайцевым был обоснован геолого-структурный принцип гидрогеологического районирования. Много им сделано и для совершенствования методики гидрогеологического картирования. Сейчас эти вопросы интенсивно развиваются на основе системного подхода при составлении самых разнообразных гидрогеологических карт. Среди них можно назвать Международную гидрогеологическую карту Европы (1977), карту подземного стока Центральной и Восточной Европы (1976), общую гидрогеологическую карту СССР (1975), карту гидрогеодинамической, гидрогеохимической, гидрогеотермической структуры бассейнов подземных вод СССР и многие другие общие и специализированные карты. В 70-х годах возникло новое направление — комплексное картирование, примером которого может служить атлас мелкомасштабных гидрогеологических карт территории СССР, включающий 28 карт (1981). Разрабатываются новые типы карт по охране окружающей среды, например карта естественной защищенности подземных вод (1976).

Большой вклад в развитие гидрогеологического картирования в эти годы внесли Н. В. Роговская, М. Р. Никитин, Н. А. Маринов, Б. Ф. Маврицкий, С. С. Бондаренко, А. В. Щербаков и др.

Как пишут ученики А. М. Овчинникова — С. Р. Крайнов и В. М. Швец в своей книге «Основы геохимии подземных вод» (1980), гидрогеохимия в настоящее время переживает новый качественный этап своего развития — превращение в комплексную дисциплину, базирующуюся не только на традиционных геологических, но и на точных физико-химических методах. Сейчас успешное развитие гидрогеохимии невозможно без применения методов точных наук — физико-химической термодинамики и гидродинамики, позволяющих получать количественные характеристики гидрогеологических процессов. Настоятельно требует своего развития математическое (с применением ЭВМ), физико-химическое моделирование гидрогеохимических явлений.

Гидрогеохимия сегодняшнего дня по существу превращается в самостоятельную науку, имеющую собственный предмет исследования (состав подземных вод) и важные теоретические и практические задачи. Можно выделить следующие отдельные научные направления (или части) геохимии подземных вод.

Геохимия питьевых подземных вод решает задачи формирования вещественного состава подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, контроля качества этих вод и прогнозирования его изменения под влиянием естественных и особенно искусственных факторов. *Геохимия минеральных лечебных вод* включает детальное изучение всех физиологически активных компонентов вещественного состава подземных вод (макро- и микрокомпоненты, газы, органические соединения). В 1973 г. был создан ГОСТ на минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые воды с характеристикой медицинских показаний к применению вод различных химических типов. *Геохимия промышленных подземных вод* очень быстро развивается в связи с необходимостью комплексного извлечения из промышленных вод, помимо йода и брома, многих ценных для народного хозяйства компонентов (лития, рубидия, цезия, стронция, бора, германия и др.). Особенно много в этом направлении сделали ученики Александра Михайловича — профессор Г. А. Голева (см. ее монографию «Закономерности распространения и формирования металлоносных рассолов». М.: Недра, 1981) и кандидат геолого-минералогических наук Л. С. Балашов. *Органическая гидрогеохимия* исследует такие малоизученные вопросы, как роль органического вещества в миграции и концентрации химических элементов в подземных водах (железа, меди, урана, золота и др.), в том числе входящих в состав комплексных соединений. Последним в современной гидрогеохимии придается особенно большое значение. Теория и методы гидрогеохимии, используемые для поисков месторождений полезных ископаемых, выделяются в *рудопоисковую* и *нефтегазопоисковую гидрогеохимию*.

В связи с охраной подземных вод от химического, нефтяного и других видов загрязнений сейчас активно проводятся исследования в области изучения параметров миграции различных компонентов — загрязнителей и процессов их взаимодействия с водовмещающими породами. Это новое направление получило назва-

ние инженерной гидрогеохимии. Как видим, гидрогеохимия, становлению и развитию которой А. М. Овчинников посвятил многие годы своей жизни, получает новый импульс для своего дальнейшего интенсивного роста. Можно добавить, что гидрогеохимия с 1983 г. входит в типовые учебные планы вузов по специальности «гидрогеология и инженерная геология» как самостоятельная фундаментальная учебная дисциплина. В последние годы изданы учебные пособия и монографии по гидрогеохимии (В. С. Самариной, К. Е. Питьевой, Е. В. Посохова, С. Л. Шварцева, С. Р. Крайнова и В. М. Швеца), свидетельствующие о все более увеличивающемся ее значении в науке. Об этом же говорят итоги 2-го Международного симпозиума по геохимии природных вод (СССР, Ростов-на-Дону, 1982).

Горячее стремление А. М. Овчинникова шире применять *палеогидрогеологический метод* получил отражение в трудах многих его учеников. Так, В. Б. Адилов, Г. Я. Богданов, В. М. Кононов, Т. М. Богданова рассмотрели палеогидрогеологические условия формирования месторождений пресных вод в четвертичных отложениях Голодной степи (1973). Высказанная ученым идея применения метода моделирования при палеогидрогеологических реконструкциях получила теоретическое обоснование и методическое развитие в работах И. К. Гавич (1970, 1975), особенно в ее монографии «Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии» (1980). В этой работе рассмотрены принципы постановки и решения задачи реконструкции палеодинамики водоносного комплекса артезианского бассейна с применением аналогового моделирования, дана методика построения геолого-математической модели реконструкции палеонапоров водоносного комплекса и выполнена реконструкция моделированием палеонапоров альб-сеноманского водоносного комплекса Южно-Мангышлакского бассейна.

В настоящее время в палеогидрогеологию все шире внедряются методы изотопного анализа, термодинамики и физико-химической гидродинамики. При этом изучается геологическая история молекул и ионов как самой воды, так и всех химических элементов и соединений, входящих в состав подземных вод. Помимо смены элизионных и инфильтрационных этапов развития гидрогеологических структур, учитывается также влияние планетарных, региональных и локальных физических полей (ра-

боты Е. А. Баскова, А. А. Карцева, С. И. Смирнова, А. М. Никанорова и других ученых).

Получили дальнейшее развитие *радиогидрогеология* и радиогидрогеологический метод поисков месторождений урана. Накоплены новые данные о содержании и закономерностях распространения радиоактивных элементов в подземных водах, изучено влияние внутренних и внешних факторов на их миграцию. Во многом выяснены условия формирования радиоактивных вод, в том числе на участках урановых месторождений, что дало возможность уточнить поисковые критерии на эти месторождения, на что обращал внимание А. М. Овчинников. Особенно интересны последние разработки ученых в изучении роли подземных вод в формировании гидротермальных и экзогенных (гидрогенных) месторождений урана, о чем неоднократно писал и говорил А. М. Овчинников. Значительный вклад в развитие идей А. М. Овчинникова в радиогидрогеологии внесли А. И. Германов, А. Н. Токарев, А. И. Перельман, А. К. Лисицин, Е. Н. Куцель, И. С. Осмоловский и др.

В настоящее время *изучение изотопного состава* подземных вод стало обязательной составной частью почти любых гидрогеологических исследований. В этом отношении во многом реализуются настойчивые рекомендации ученого.

Можно назвать следующие основные задачи, помимо определения *возраста подземных вод*, которые решаются с помощью стабильных космогенных, радиоактивных и радиогенных изотопов: установление связи подземных и поверхностных вод, оценка питания грунтовых вод через зону аэрации, определение областей питания водоносных горизонтов, оценка направления движения и скорости фильтрации подземных вод, оценка пропорций смешения различных генетических типов вод, определение взаимосвязи между различными водоносными горизонтами и комплексами. Изотопные методы используются и при решении комплексных геологических задач — при прогнозировании землетрясений, изучении разломной тектоники и др.

А. М. Овчинников всегда с большим вниманием относился к новым методам исследования и рекомендовал их использовать в сочетании друг с другом, но на хорошей геолого-гидрогеологической базе. Так, он считал метод водно-гелиевой съемки весьма перспективным для реше-

пия различных гидрогеологических задач. И действительно, в настоящее время этот метод все шире используется в комплексе методов гидрогеологических исследований и дает хорошие результаты (работы А. Н. Еремеева, И. Н. Яницкого, В. П. Якуцени, В. С. Ковалевского, Н. Н. Егорова и др.).

Таким образом, даже краткое, фрагментарное рассмотрение вопроса о развитии идей А. М. Овчинникова в современной гидрогеологии показывает, что многие ее важные проблемы и направления, в зарождении, становлении и развитии которых активно участвовал ученый, сейчас успешно развиваются и их результаты широко используются в народном хозяйстве нашей страны.

Основные даты жизни и деятельности А. М. Овчинникова

- 1904, 26 июня — родился в г. Великий Устюг Вологодской области.
- 1919 — окончил Владикавказскую мужскую гимназию.
- 1921 — поступил в Московскую горную академию.
- 1927 — окончил Московскую горную академию по гидрогеологической специальности геологоразведочного факультета, получив квалификацию горного инженера.
- 1927—1930 — аспирант Московской горной академии; научная командировка в Иран для проведения геологической и гидрогеологической съемки хребта Эльбурс и обследования минеральных источников.
- 1930—1937 — ассистент кафедр общей геологии и гидрогеологии в МГРИ; заведовал (с 1933 г. по совместительству) гидрогеологическим отделом в Центральном институте курортологии и физиотерапии Министерства здравоохранения СССР и вел работы по изучению гидроминеральных ресурсов ГССР.
- 1938 — присуждена ученая степень кандидата геолого-минералогических наук (без защиты диссертации); присвоено ученое звание старшего научного сотрудника.
- 1938—1941 — доцент МГРИ; работал (по совместительству) старшим научным сотрудником ГИН АН СССР и научным руководителем гидрогеологических работ Сочи-Мацестинской комплексной экспедиции АН СССР.
- 1941—1942 — участвовал в различных оборонных работах.
- 1942 — защитил диссертацию на степень доктора геолого-минералогических наук.
- 1943 — присуждено ученое звание профессора по кафедре гидрогеологии и инженерной геологии МГРИ.
- 1943—1955 — профессор кафедры гидрогеологии и радиогидрогеологии МГРИ и декан гидрогеологического факультета.
- 1946—1949 — научный руководитель гидрогеологических работ Карпатской комплексной экспедиции научно-исследовательского сектора МГРИ.
- 1951 — награжден орденом Трудового Красного Знамени за заслуги в развитии высшего и среднего специального образования, подготовке квалифицированных специалистов для народного хозяйства и за успехи в развитии научных исследований.
- 1955—1969 — возглавлял кафедру гидрогеологии и радиогидрогеологии МГРИ.
- 1957 — присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки Кабардино-Балкарской АССР за выдающиеся заслуги в области изучения и развития гидроминеральной базы республики.
- 1958 — научная командировка в Чехословакию для чтения лекций по гидрогеологии в университете им. Яна Коменского (Братислава).
- 1959 — избран почетным членом Чехословацкого общества по гео-

- логии и минералогии при Чехословацкой академии наук в Праге; командирован делегатом Международной ассоциации гидрогеологов в Испанию (Мадрид).
- 1961 — участвовал в работе 5-й сессии Карпато-Балканской геологической ассоциации в Румынии, где был избран заместителем председателя гидрогеологической секции.
- 1962—1969 — научный руководитель Узбекской гидрогеохимической экспедиции научно-исследовательского сектора МГРИ.
- 1962 — научная командировка в ГДР для чтения лекций по курсу «Геохимия» в Фрейбергской горной академии.
- 1963 — научная командировка в ОАР для консультации и руководства работами арабских аспирантов.
- 1964 — участник 22-й сессии Международного геологического конгресса и сессии Международной ассоциации гидрогеологов в Индии (Нью-Дели).
- 1965 — участник 7-го конгресса Карпато-Балканской геологической ассоциации в Болгарии; награжден почетным дипломом и памятной медалью в честь 200-летнего юбилея Фрейбергской горной академии ГДР.
- 1966 — избран членом-корреспондентом Итальянской ассоциации гидротермальной техники; организовал первую научную конференцию по палеогидрогеологии в Ашхабаде.
- 1968 — участник 23-й сессии Международного геологического конгресса в Чехословакии (Прага).
- 1969 — 1 июля скончался в Москве и похоронен на Новодевичьем кладбище.

Труды А. М. Овчинникова

- 1930 1. Основные черты геологического строения Демавендского района (Северная Персия).— Бюл. МОИП. Отд. геол. Н. С., т. 8 (1/2), т. 38, с. 373—400, библиогр.: 13 назв.
- 1933 2. Заметка о террасах Боржоми.— Изв. Всесоюз. геогр. о-ва: т. 65, вып. 1, с. 24—29, рис., библиогр.: 3 назв.
- 1934 3. Геологические структуры районов минеральных вод.— В кн.: Водные богатства недр Земли на службу социалистическому строительству: Первый Всесоюз. гидрогеол. съезд. Л. и др., НКТП, сб. 5, с. 105—125, рис., библиогр.: 51 назв.
4. Гидроминеральные богатства Боржоми.— В кн.: Водные богатства недр Земли на службу социалистическому строительству: Первый Всесоюз. гидрогеол. съезд. Л. и др.: НКТП, сб. 5, с. 73—79, рис., табл., библиогр.: 9 назв. В соавт. с А. Н. Огильви.
5. Очередные задачи изучения минеральных вод Грузии.— В кн.: Водные богатства недр Земли на службу социалистическому строительству: Первый Всесоюз. гидрогеол. съезд. Л. и др.: НКТП, сб. 5, с. 68—73, карта, библиогр.: 12 назв.
- 1935 6. К вопросу об «ископаемых» водах.— Тр. ВИМС. Сер. геол. и инж.-геол., № 1, с. 40—43.
- 1936 7. Минеральные источники.— В кн.: БСЭ. 1-е изд., т. 32, с. 164.
- 1937 8. Основные результаты гидрогеологических работ на курорте Боржоми.— Разведка недр, № 12, с. 22—26.
- 1938 9. К методике изучения трещиноватости.— Разведка недр, № 4/5, с. 32—44, библиогр.: с. 41.
10. Минеральные воды девонских отложений г. Москвы.— В кн.: Геология и реконструкция г. Москвы. М.: Изд-во АН СССР, с. 206—218. В соавт. с В. В. Ивановым.
11. Минеральные воды и их курортно-лечебное значение.— В кн.: Геология и реконструкция г. Москвы. М.: Изд-во АН СССР, с. 116—136. В соавт. с В. В. Ивановым.
- 1939 12. Основные закономерности распространения минеральных вод на территории Советского Союза.— Вопр. курортологии, № 5, с. 20—27, схемы, библиогр.: 7 назв.
13. Основные итоги Сочинской экспедиции АН СССР.— Вопр. курортологии, № 2, с. 59—60.
14. Проблемы минеральных вод в третьем пятилетии.— Сов. геология, № 7, с. 14—19.
15. Труды Сочинской экспедиции Института геологических наук АН СССР, т. 5, 1937—1939. В соавт. с А. Н. Бунеевым, Ф. А. Макаренко, В. М. Левченко и др.
- 1940 16. Гидрогеология Ахтальских грязевых сопок.— Тр. Гос. Центр. ин-та курортологии Грузии, т. 2, с. 33—76, черт., библиогр.: 34 назв.
17. Значение гидрогеологии в решении вопросов стратиграфии и тектоники.— Сов. геология, сб. 2/3, с. 35—42.

18. Проблемы изучения терм.— Тр. МГРИ, т. 20, с. 262—274, рис., библиогр.: 26 назв.
19. Происхождение мацестинских сероводородных вод.— Вестн. знания, № 11/12, с. 11—14, схема.
- 1941 20. Опыт структурного анализа деформаций в меловых известняках Ахунского массива (Сочи).— Бюл. МОИП. Отд. геол., т. 29, вып. 1, с. 17—25.
- 1942 21. Зональность минеральных вод Кавказа: Дис. ... д-ра геол. наук / МГРИ. М. 342 с. Машинопись.
- 1945 22. Военная геология: Учеб. пособие для вузов и втузов. М.; Л.: Госгеолиздат, 375 с., рис., табл., схемы, библиогр.: 177 назв. В соавт. с Г. В. Богомоловым, Н. И. Николаевым, Б. А. Пышкиным, Н. Н. Луцхиным, В. В. Поповым и др.
- 1946 23. Гидрогеология горных областей.— В кн.: Тез. докл. науч. конф. МГРИ. М.: МГРИ, с. 11.
24. К методике радиогидрогеологических исследований.— ДАН СССР, т. 53, № 9, с. 837—840, схема, библиогр.: 6 назв.
25. Методическое руководство по исследованию радиоактивности подземных вод. М.; Л.: Госгеолиздат. 42 с., рис., табл., библиогр.: 60 назв. В соавт. с В. И. Барановым.
26. Минеральные воды Кабардинской АССР.— В кн.: Природные ресурсы Кабардинской АССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, с. 298—315, рис., табл.
27. О гидротермальном режиме земной коры.— ДАН СССР. Н.С., т. 53, № 7, с. 644—645, рис., библиогр.: 10 назв.
28. Особенности гидрогеологии горных стран.— ДАН СССР. Н.С., т. 54, № 3, с. 259—262, рис., библиогр.: 12 назв.
29. On the hydrothermal conditions of the earth's crust.— С. г. Akad. sci. de l'URSS, vol. 53, N 7, p. 645—648.
- 1947 30. Геологическое строение долин рек-близнецов Боржомки и Черной (Гуджаретис-Цхали) в Триалетском хребте (Грузия).— Бюл. Комис. по изуч. четвертич. периода, № 10, с. 67—76, рис., библиогр.: 6 назв.
31. Минеральные воды: Учеб. для вузов. М.; Л.: Госгеолиздат. 240 с., рис., табл., прилож. 4, библиогр.: 119 назв.
32. Основные принципы применения гидрогеологических критериев к поискам месторождений полезных ископаемых.— Вопр. теорет. и прикл. геологии, сб. 2, с. 3—11, табл., библиогр.: 14 назв.
33. Схема зональности минеральных вод альпийской области.— ДАН СССР. Н.С., т. 58, № 6, с. 1129—1132, рис., схема.
- 1948 34. Основные итоги гидрогеологического изучения Кавказских минеральных вод и их значение для реконструкции курортов, 1940—1945.— Вопр. теорет. и прикл. геологии, сб. 5, с. 68—70.
35. Основные принципы зональности минеральных вод Кавказа.— Тр. МГРИ, т. 23, с. 138—150, рис., табл.
36. Современное состояние вопроса о формировании подземных вод.— Тр. Лаб. гидрогеол. пробл. АН СССР, т. 1, с. 36—50, табл., библиогр.: 35 назв.
- 1949 37. Общая гидрогеология: Учеб. пособие для геол.-развед. интов. М.: Госгеолиздат. 356 с., рис., табл., библиогр.: с. 348—353.
38. Типы месторождений минеральных вод.— Сов. геология, сб. 40, с. 68—71, рис.

39. Условия формирования мацестинских сероводородных вод.— Тр. Лаб. гидрогеол. пробл. АН СССР, т. 2, с. 64—71, рис., библиогр.: 7 назв.
- 1950 40. О новой классификации источников.— Бюл. МОИП. Отд. геол., т. 25, вып. 6, с. 59—67, рис., библиогр.: 9 назв.
41. Основные черты гидрогеологии Восточных Карпат и Прикарпатья.— Тр. МГРИ, т. 25, с. 242—259, рис., библиогр.: 9 назв.
- 1951 42. Гидрогеологический очерк района Кавказских минеральных вод.— В кн.: Вопросы литологии и стратиграфии. Памяти А. Д. Архангельского. М.: Изд-во АН СССР, с. 373—390, рис., табл., библиогр.: 16 назв.
- 1952 43. Гейзеры.— В кн.: БСЭ. 2-е изд., т. 10, с. 325—326, табл., библиогр.: 5 назв.
44. Гидрогеологическая карта.— В кн.: БСЭ. 2-е изд., т. 11, с. 273—275, рис., библиогр.: 2 назв.
45. Гидрогеология.— В кн.: БСЭ. 2-е изд., т. 11, с. 277—279, библиогр.: 13 назв. В соавт. с Г. Н. Каменским.
- 1953 46. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых. М.: Госгеолгиздат. 356 с., рис., табл., библиогр.: с. 343—352. В соавт. с Г. Н. Каменским, П. П. Климентовым.
47. К вопросу о «ювенильных» водах.— В кн.: Вопросы петрографии и минералогии. М.: Изд-во АН СССР, т. 1, с. 241—248, рис., табл., библиогр.: 27 назв.
48. О принципах гидрохимической классификации подземных вод: (Тез. докл., прочит. 25.12. 1952 г.).— Бюл. МОИП. Отд. геол., т. 28, вып. 2, с. 86—87.
- 1954 49. Вопросы происхождения углекислых минеральных вод боржомского типа.— В кн.: Изучение курортных ресурсов в Азербайджанской ССР, Армянской ССР и Грузинской ССР. Тбилиси: Изд-во АН ГССР, с. 39—40.
50. Минеральные воды.— В кн.: БСЭ. 2-е изд., т. 27, с. 314.
51. Нефтяные воды.— В кн.: БСЭ. 2-е изд., т. 29, с. 163.
52. О систематизации состава подземных вод.— Разведка и охрана недр, № 5, с. 37—40, схема.
53. Общая гидрогеология. Пекин. 310 с., рис. 136, табл. 53, библиогр.: с. 292—297. На кит. яз.
54. Общая гидрогеология. 2-е изд. М.: Госгеолтехиздат. 384 с., рис., табл., библиогр.: с. 372—380.
- 1955 55. Гидрогеологический очерк курорта «Старая Русса».— В кн.: Курорт Старая Русса (1828—1953). М.: Новгород правда, с. 21—29, рис., библиогр.: 11 назв.
56. Гидрогеологическое картирование в комплексе геолого-поисковых и разведочных работ.— Сов. геология, сб. 42, с. 116—127, рис., библиогр.: 14 назв.
57. Гидрогеохимическая система природных вод.— Вопр. курортологии, физиотерапии и лечеб. физ. культуры, № 1, с. 31—39, рис., табл., библиогр.: 12 назв.
58. Минеральные воды курорта Карловы Вары в Чехословакии.— Вопр. курортологии, физиотерапии и лечеб. физ. культуры, № 4, с. 66—71, анал., библиогр.: 7 назв.
59. О задачах контрольно-наблюдательных станций на месторождениях минеральных вод.— В кн.: Вопросы изучения курортных ресурсов СССР. М.: Медгиз, с. 27—49, библиогр.: 7 назв.
60. О роли отечественных геологов в развитии учения о ми-

- неральных водах.— В кн.: Вопросы изучения курортных ресурсов СССР. М.: Медгиз, с. 13—26, библиогр.: 31 назв.
61. Основы учения о процессах формирования подземных вод.— В кн.: Совещ. по вопр. формирования подзем. вод: (Тез. докл.). М.: Изд-во АН СССР, с. 20—22.
- 1956 62. Гидрогеология месторождений минеральных вод карстовых районов.— В кн.: Тез. докл. на Науч. совещ. по изуч. карста. М.: Изд-во АН СССР, вып. 6, с. 3—4.
63. Закономерности распространения и формирования углекислых гидротерм.— В кн.: Тез. докл. на I Всесоюз. совещ. по геотерм. исслед. в СССР. М.: Изд-во АН СССР, с. 57—60.
64. Каптаж минеральных вод.— В кн.: Основы курортологии. М.: Медгиз, т. 1, с. 236—255, рис., библиогр.: 24 назв. В соавт. с М. М. Фомичевым.
65. Крупные очаги разгрузки подземных вод на Русской платформе.— Бюл. МОИП. Отд. геол., т. 31, вып. 3, с. 111—112.
66. О геотермическом изучении месторождений минеральных вод.— ДАН СССР, с. 142—149, рис., библиогр.: 16 назв.
67. О геотермическом изучении месторождений минеральных вод.— В кн.: Тез. докл. на I Всесоюз. совещ. по геотерм. исслед. в СССР. М.: Изд-во АН СССР, с. 36—37.
68. Основы гидрогеологии минеральных вод.— В кн.: Основы курортологии. М.: Медгиз, т. 1, с. 17—43, рис., карта, библиогр.: 33 назв.
- 1957 69. Гидрогеологические карты горно-складчатых областей и их значение в оценке ресурсов подземных вод.— В кн.: Тез. докл. на 11-й Генер. ассамблее Междунар. геодез. и геофиз. союза. М.: Изд-во АН СССР, с. 64—66. Парал. текст на англ. яз.
70. Гидрогеологические условия гидротермальных процессов.— Бюл. МОИП. Отд. геол., т. 32, вып. 5, с. 126—142, рис., табл., библиогр.: 14 назв.
71. О гидрогеологической карте СССР.— Разведка и охрана недр, № 9, с. 45—49, табл., библиогр.: 6 назв.
72. Схема гидрогеологического районирования СССР.— В кн.: Тез. докл. 3-го Всесоюз. гидрол. съезда. Секция подзем. вод и пробл. подзем. питания рек. Л.: Гидрометеиздат, с. 32—33.
73. Hydrogeological maps of mountain folded regions and their significance in estimating resources of underground waters.— Abstr. of the reports submitted to the XI Gen. Ass. of the IUo-GaG. The IA of SH, Ac. of S, of USSR, Moscow, p. 66—67.
- 1958 74. Гидрогеологическое районирование — основа оценки перспектив нефтегазозности.— В кн.: Совещ. по геохим. и радиометр. методам поисков газонефт. месторождений: Программа и тез. докл. М.: Изд-во АН СССР, с. 30—31.
75. Методика гидрогеологического изучения минеральных вод.— Изв. на геолог. ин-т, С.: БАН, кн. 6, с. 247—255, схема, библиогр.: 10 назв. Рез. на болг. и нем. яз.
76. Основные закономерности распространения минеральных вод на территории СССР.— В кн.: Тез. докл. на совещ. курорт. ин-тов по гидрогеологии минер. вод. М.: Правда, с. 7—10. В соавт. с В. В. Ивановым, Л. А. Яроцким.
77. Основные принципы разведки месторождений минеральных вод.— В кн.: Тез. докл. на совещ. курорт. ин-тов по гидрогеологии минер. вод. М.: Правда, с. 44—46.

78. Основы учения о процессах формирования подземных вод.— Изв. вузов. Геология и разведка, № 1, с. 61—71, рис., табл., библиогр.: 8 назв.
79. Палеогидрогеологический анализ месторождений минеральных вод на примере Кавказа, Карпат и других горных сооружений альпийской области.— В кн.: Изучение и эксплуатация минеральных вод на курортах Грузинской ССР: (Докл. к респ. совещ. гидрогеологов в 1958 г.). Тбилиси: М-во здравоохранения ГССР, с. 3—4.
80. Происхождение термальных вод в связи с их практическим использованием в Болгарии.— Изв. на геол. ин-т. С.: БАН, кн. 6, с. 237—246, рис., библиогр.: 8 назв. Рез. на болгар. и нем. яз.
81. Условия формирования месторождений углекислых вод.— В кн.: Тез. докл. на совещ. курорт. ин-тов по гидрогеологии минер. вод. М.: Правда, с. 10—12.
- 1959 82. Г. Н. Каменский — воспитатель советских гидрогеологов.— Тр. МГРИ, т. 35, с. 9—14.
83. Григорий Николаевич Каменский: (Некролог).— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 12, с. 97—98, с портр. В соавт. с И. В. Гармоновым, Ф. А. Макаренко.
84. О геотермическом изучении месторождений минеральных вод.— В кн.: Проблемы геотермического и практического использования тепла Земли. М.; Изд-во АН СССР. т. 1, с. 142—149, рис., библиогр.: 16 назв.
85. Роль кафедры гидрогеологии МГРИ в развитии учения о подземных водах.— Тр. МГРИ, т. 35, с. 6—15, библиогр.: 26 назв.
86. Современные представления о происхождении лечебных минеральных вод в связи с их практическим использованием.— В кн.: Тр. Междунар. бальнеол. конгр. в Марианске-Лазне, Чехословакия. Прага, с. 214—221.
87. Схема гидрогеологического районирования СССР.— В кн.: Тр. 3-го Всесоюз. гидрол. съезда. Л.: Гидрометеиздат, т. 9, с. 233—240.
88. Закономірності поришення родовищ мінеральних вод в гірських спорудах півдня СРСР і суміжних країн.— В кн.: Використання природних лікувальних ресурсів України. Київ: Вища школа, с. 13—22, библиогр.: 10 назв.
- 1960 89. Гидрогеология: Основные проблемы гидрогеологии и методы гидрогеологических исследований. Братислава: Изд-во Ун-та им. Коменского. 319 с., табл., рис., библиогр.: 27 назв. На словац. яз.
90. Гидрогеохимия, ее задачи и методы.— Изв. вузов. Геология и разведка, № 4, с. 103—111, библиогр.: 45 назв. В соавт. с В. В. Красинцевой.
91. Карта подземных минеральных вод СССР (с поясн. зап.). М.: Госгеолтехиздат. 59 с., список источников, указ. на карте минер. вод СССР — 286 назв. В соавт. с В. В. Ивановым, Л. А. Яроцким.
92. Некоторые замечания о процессах формирования подземных вод и «гравитационной гипотезе» К. В. Филатова.— Изв. вузов. Геология и разведка, № 2, с. 119—124, библиогр.: 6 назв. В соавт. с Б. Ф. Маврицким.
93. Основные закономерности образования и распространения минеральных вод СССР. М.: Госгеолтехиздат, с. 219—225, кар-

- та, библиогр.: 9 назв. В соавт. с В. В. Ивановым, Л. А. Яроцким.
94. Основные закономерности распространения минеральных вод на территории СССР.— В кн.: Вопросы формирования и распространения минеральных вод на территории СССР. М.: ЦНИИКИФ, с. 219—225, карта. В соавт. с В. В. Ивановым, Л. А. Яроцким.
95. Основные принципы гидрогеологического районирования.— В кн.: Проблемы гидрогеологии. М.: Госгеолтехиздат, с. 106—109, библиогр.: 18 назв.
96. Подземные воды. М.: Знание. 30 с., библиогр.: 17 назв.
97. Сравнительная гидрогеологическая характеристика минеральных вод Карпат и Малого Кавказа.— В кн.: Изучение и эксплуатация минеральных вод Азербайджанской ССР: Докл. к респ. гидрогеол. совещ. Баку: Азернепр, с. 43—45.
98. Термы Болгарии.— В кн.: Новейший вулканизм и гидротермы. М.: Изд-во АН СССР, с. 133—138, рис., библиогр.: 9 назв. (Тр. Лаб. вулканологии; Вып. 18).
99. Hydrogeologia horskych masivov (na príklade Karpát a Kaukazu).— Геол. сб., роč. 9, N 1, с. 35—48.
100. Uhlíčite vody a vulkanizmus kenozoika.— Геол. сб., роč. 9, N 1, с. 49—57.
- 1961 101. Водонапорные системы земной коры.— Изв. вузов. Геология и разведка, № 8, с. 85—90, табл.
102. Гидрогеологическое изучение водонапорных систем и роль гидрогеологии в решении гидрогеологических проблем. С.: БАН, с. 275—282, библиогр.: 33 назв.
103. Закономерности распространения и формирования углекислых гидротерм.— В кн.: Проблемы геотермии и проектирование использования тепла Земли. М.: Изд-во АН СССР, т. 2, с. 33—42, рис., табл., библиогр.: 25 назв.
104. Методика гидрогеологического изучения водонапорных систем.— В кн.: Тр. 1-го Укр. гидрогеол. совещ. Киев: Вища школа, т. 1, с. 266—272, библиогр.: 17 назв.
105. Методика установления границ артезианских и нефтегазоносных бассейнов.— Изв. вузов. Геология и разведка, № 11, с. 95—101, рис., библиогр.: 5 назв. В соавт. с Е. А. Барс, Г. А. Борщевским, И. О. Бродом.
106. О генетической связи нефтегазоносных бассейнов с вмещающими их бассейнами подземных вод.— Геология нефти и газа, № 11, с. 27—34, рис., библиогр.: 10 назв. В соавт. с Е. А. Барс, Г. А. Борщевским, И. О. Бродом.
107. О гидрогеологическом изучении гидротермальных процессов.— Тр. Лаб. вулканологии, вып. 19, с. 45—51, рис., табл., библиогр.: 26 назв.
108. Совещание по гидрогеохимическим методам поисков рудных месторождений.— Изв. вузов. Геология и разведка, № 1, с. 130—132. В соавт. с П. А. Удодовым.
109. Условия формирования месторождений углекислых вод.— В кн.: Вопросы формирования и распространения минеральных вод СССР. М.: ЦНИИКИФ, с. 12—36, табл., библиогр.: 29 назв.
110. Etablissement des cartes des bassins hydrogéologiques des pays montagneux.— Mém. AIdH (CGI). Madrid, vol. 3, p. 67—69.
111. Investigations hydrogéologiques des eaux minérales.— In:

- Résumés des communications. Association Intern. des Hydrogéol. Rentgener. a Rome, 27 août — 2 sept., p. 39—40.
112. Méthodes d'études des eaux minérales et thermales.— Mém. AIdH (CGI). Madrid, vol. 3, p. 109—112 (Avec Makarenko F. A., Pokrovsky V. A.).
113. Mode de dresser des cartes hydrogéologiques pour les systèmes de chateaux d'eau des régions montagneuses.— Mém. AIdH (CGI), Madrid, vol. 3, p. 61—63.
- 1962 114. Значение гидрогеохимии и палеогидрогеологии при поисках месторождений полезных ископаемых.— В кн.: Тр. межвед. совещ. по гидрогеохим. методу поисков руд. месторождений. Томск: Изд-во Том. ун-та, с. 5—12, рис.
115. О типах артезианских бассейнов.— В кн.: Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии. М.: Изд-во МГУ, с. 65—70, библиогр.: 17 назв.
- 1963 116. Минеральные воды. 2-е изд. М.: Госгеолтехиздат. 375 с., табл., библиогр.: с. 359—373.
117. Основные черты Карпато-Балканской дуги в связи с изучением минеральных вод.— В кн.: Материалы 5-го съезда Карпато-Балкан. геол. ассоц. Киев: Вища школа, с. 393—310, библиогр.: 23 назв.
118. Пятый съезд Карпато-Балканской ассоциации в Румынии в 1961 г.— Изв. вузов. Геология и разведка, № 8, с. 148—150. В соавт. с М. В. Муратовым, А. А. Богдановым.
119. Результаты гидрогеологических работ на курортах Болгарии. С.: Изд. Българ. геол. дружество, т. 24, ч. 1, с. 39—44.
120. Trăsăturile caracteristice ale arcubui Carpatu Balcanic in raport cu studiul apelor minerale.— В кн.: Карпато-Балканская геологическая ассоциация, 5-й съезд науч. сообщ. Бухарест, с. 171—175.
- 1964 121. Новая область развития углекислых минеральных вод в Кузнецком бассейне.— Изв. вузов. Геология и разведка, № 11, с. 71—76, табл., карта, библиогр.: 5 назв. В соавт. с Г. М. Роговым, Л. А. Соломко.
122. Общая гидрогеология. Ханой. 256 с., рис., табл. На вьет. яз.
123. Основные проблемы гидрогеологии и гидрогеохимии в аридных зонах.— В кн.: Гидрогеология аридных зон. М.: Недра, с. 53—61, табл., библиогр.: 12 назв. Рез. на англ. яз.
124. Очерк гидрогеологии Испании.— Изв. вузов. Геология и разведка, № 7, с. 86—92, рис.
- 1965 125. Вопросы определения возраста подземных вод.— Изв. вузов. Геология и разведка, № 2, с. 96—101, рис., библиогр.: 14 назв. В соавт. с Л. В. Горбушиной.
126. О гелиенности вод Ташкентского артезианского бассейна.— Изв. вузов. Геология и разведка, № 12, с. 95—97, рис., библиогр.: 2 назв. В соавт. с Ф. А. Алексеевым, Л. В. Горбушиной, В. Г. Тыминским.
- 1966 127. Гидрогеологическое районирование СССР: Учеб. пособие по курсу «Гидрогеология СССР». М.: МГРИ, 19 с., схема, табл., библиогр.: с. 16—19.
128. Гидрогеология месторождений твердых полезных ископаемых: Учеб. пособие для студентов горн. и геолог. спец. вузов. М.: Недра, 199 с., рис., табл., библиогр.: 73 назв. В соавт. с П. П. Климентовым.
129. О работах международной ассоциации гидрогеологов.—

- В кн.: Пробл. геологии на 22-й сес. Междунар. геол. конгр. М.: Наука, с. 453—455.
130. Палеогидрогеология и ее значение при решении вопросов поисков месторождений полезных ископаемых.— Сов. геология, № 4, с. 35—40, схема, библиогр.: 16 назв.
- 1967 131. Гидрогеология и перспективы ее развития в свете решения народнохозяйственных задач в СССР.— Изв. вузов. Геология и разведка, № 10, с. 99—106, библиогр.: 10 назв.
132. Гидрогеохимическое картирование.— В кн.: Карпато-Балкан. геолог. ассоц., 8-й конгр.: Докл. инж. геол. и гидрогеол. Белград, с. 61—64.
133. Гидрогеохимия альпийской зоны складчатости на примере Карпат и Кавказа.— В кн.: Материалы 7-го съезда Карпато-Балкан. геолог. ассоц. Киев: Вища школа, с. 336—340.
134. Значение определения возраста подземных вод для изучения водонапорных систем.— В кн.: Формирование и геохимия подземных вод Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, с. 3—5.
- 1968 135. Генезис и распространение месторождений минеральных вод альпийской складчатой области.— В кн.: Генезис минеральных и термальных вод. М.: Наука, с. 53—54. Рез. на англ. яз.
136. Геохимия подземных вод и ее значение при поисках месторождений полезных ископаемых и минеральных вод.— В кн.: Генезис минеральных и термальных вод. М.: Наука, с. 101—102.
137. Исследования по определению возраста подземных вод на примере Приташкентского артезианского бассейна.— Узб. геол. журн., № 2, с. 61—66, библиогр.: 7 назв. Рез. на узб. яз. В соавт. с Л. В. Горбушиной, В. Б. Адамовым.
138. Очаги разгрузки напорных вод и их геохимическое значение.— Сов. геология, № 7, с. 140—142, библиогр.: 15 назв.
139. Проблема генезиса подземных хлоридных кальциево-натриевых рассолов. М.: ВСЕГИНГЕО, с. 5—47, табл., библиогр.: с. 43—47. В соавт. с Л. С. Балашевым, И. К. Зайцевым.
140. Genesis and spread of mineral and thermal waters of the Alpine Folded Region: Rep. of the XXIII Sess. of IGC. Abstr. Prague: Academia, p. 386.
- 1969 141. Гидрогеохимия и палеогидрогеология, их современное содержание и вопросы преподавания в вузах гидрогеологических методов поисков.— В кн.: Тр. Межвед. конф. по гидрогеохим. и палеогидрогеол. методам исслед. в целях поисков полез. ископаемых. Томск: Изд-во Том. ун-та, с. 5—7.
- 1970 142. Артезианские воды.— В кн.: БСЭ. 3-е изд., т. 2, с. 762—764, библиогр.: 2 назв.
143. Гидрогеохимия. М.: Недра, 197 с., рис., табл., библиогр.: 196 назв.
144. Палеогидрогеология и палеогеография.— В кн.: Методика палеогидрогеологических исследований. Ашхабад: Ылым, с. 11—17, библиогр.: 15 назв.
- 1971 145. Верховодка.— В кн.: БСЭ. 3-е изд., т. 4, с. 1682—1683, библиогр.: 1 назв.
146. Водозабор подземных вод.— В кн.: БСЭ. 3-е изд. т. 5, с. 544.
147. Гидрогеологическая съемка.— В кн.: БСЭ. 3-е изд., т. 6, с. 1424—1425.

148. Гидрогеология.— В кн.: ВСЭ. 3-е изд., т. 6, с. 1425—1429, библиогр.: с. 1428—1429.
149. Основные проблемы гидрогеологии.— В кн.: Подземные воды Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, с. 19—22.
150. Проблемы гидрогеологии на 23-й сессии Международного геологического конгресса.— В кн.: Проблемы геологии на 23-й сес. Междунар. геол. конгр. М.: Наука, с. 168—174. В соавт. с Л. Н. Барабановым, В. В. Ивановым, Ф. А. Макаренко.
- 1974 151. Очаги разгрузки вендско-мотского комплекса Ангаро-Ленского артезианского бассейна и их роль в формировании нефтяных и газовых месторождений.— Изв. вузов. Геология и разведка, № 3, с. 83—88, библиогр.: 17 назв. В соавт. с Г. Я. Богдановым.
- 1976 152. Centers of discharge of the Vendian — Motian complex of the Angara — Lena artesian basin and their role in the formation of oil and gas deposits. Intern. Geol. Rev., vol. 18, N 5, p. 573—576, библиогр.: 17 назв.

Литература о А. М. Овчинникове

- Альтовский М. Е., Игнатович Н. К.* Минеральные воды.— Сов. кн., 1948, № 6, с. 27—29.
- Перельман А. И.* Ценный труд: А. М. Овчинников. «Минеральные воды».— Природа, 1965, № 4, с. 104.
- Александр Михайлович Овчинников* / Балашов Л. С., Гармонов И. В., Горбунов Г. И. и др.— Сов. геология, 1969, № 11, с. 148—149, портр.
- Труды Межвузовской конференции по гидрогеохимическим и палеогидрогеологическим методам исследований в целях поисков месторождений полезных ископаемых. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1969. 296 с.
- А. М. Овчинников.*— Вопр. курортологии физиотерапии и лечеб. физ. культуры, 1969, № 2, с. 475—476.
- Памяти крупного гидрогеолога / Туляганов Х. Т., Ходжибаев Н. Н., Хасанов А. С. и др.— Узб. геол. журн., 1970, № 4, с. 92—93, портр.
- Milde G., Tetzlaff U.* Nachruf für Prof. Dr. A. M. Owtshinnikow.— Bergakademie, 22 Jg., H. 4, Apr., 1970.
- Тихомиров В. В., Панюгина Л. Б.* Александр Михайлович Овчинников: (Некролог).— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1970, № 12, с. 114—115.
- Пиннекер Е. В., Писарский Б. И.* Александр Михайлович Овчинников.— В кн.: Подземные воды Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1974, с. 236—237, портр.
- Ходжакулиев Я. А., Суббота М. И., Абрамова О. П.* Водорастворенное органическое вещество и его нефтегазопроисхождение. Ашхабад: Упр. геологии Совета Министров ТССР, 1972, с. 232, табл. 53, рис. 36, библиогр.: 463 назв.
- Кавказские минеральные воды (посвящается памяти выдающегося исследователя минеральных вод А. М. Овчинникова) / Отв. ред. В. В. Иванов.— В кн.: Тр. ЦНИИ курортологии и физиотерапии. М.: Медицина, 1972. 159 с.

Приложение

Таблица 1. Основные типы месторождений углекислых вод (по А. М. Овчинникову)

II / I / II	Основные типы	Характерные соотношения между компонентами	Подтип	Температура, °С	Типичный состав	Геологические условия формирования	Общая минерализация, г/л	Содержание CO ₂ св., г/л	Ориентировочный дебит, л/сут	Главнейшие представления
I	Гидрокарбонатные, прещественно кальциевые (холодные)	гCl < 50 % гСа > 50 % $\frac{гNa}{гCl} > 1$	Забайкальский Нарзаны	< 10 < 20	Гидрокарбонатно-магниево-кальциевый Сульфатно-гидрокарбонатно-магниево-кальциевый	В верхней части протомых структур осадочных и метаморфических пород В известняково-доломитовых и пестроцветных толщах	Меньше 1,0—1,5 До 4,0	До 3,5 » 3,0	Сотни тысяч Сотни тысяч и миллионы	Дарасун, Шиванда, Шмаковка, Кисловодский нарзан, Аршан-Тункинский; Бадам-ванская (Нахчеванская АССР)
II	Сложного анионного состава, прещественно натриевые (горячие)	гNa > 50 %	Железноводский (радоноворазливные)	> 37	Гидрокарбонатно-сульфатно-натриевый	Воды, приуроченные к зонам разломов в осадочных толщах, прорванных молодыми интрузиями	» 6,5	0,250— —0,750	То же	Железноводский, Истринский (Азербайджанская ССР), Джермук (Армянская ССР)

Таблица 1 (продолжение)

№	Основные типы	Характерные соотношения между компонентами	Подтип	Температура, °С	Типичный ионный состав	Геологические условия формирования	Общая минерализация, г/л	Содержание CO_2 св, г/л	Ориентировочный дебит, л/сут	Главнейшие представители
III	Современные гидротермы		Пятигорский ($\text{H}_2\text{S}_{\text{св}}$)	>37	Хлоридно-гидрокарбонатно-кальциевый	То же Формируются при участии микробиологических процессов	» 6,3	1,0	Сотни тысяч	Карловы Вары (Чехословакия), Пятигорск (Пермский и Монгольский источник)
	Гидрокарбонатно-натриевые (холодные и теплые)	$\text{HCO}_3 > 50\%$ $\text{гNa} > 65\%$	Боржомский (бессульфатный)	14—35	Гидрокарбонатно-натриевый	Древние инфильтрационные волны флишевых отложений с участием вод типа нефтяных	До 10,0	До 2,0	Десятки тысяч	Боржоми, Авадхара, Поляна (Зарпате), Ласточка (Приморский край)
			Виши (сульфатами)	14—45	Гидрокарбонатно-натриевый с повышенным содержанием сульфатов	Сульфаты не восстановлены (Большую роль играли процессы обмена катионов)	» 10,0	» 2,0	То же	Дилижан (Армянская ССР), Сираб (Нахичеванская АССР), Виши (Франция)

Окончание

№ п/п	Основные типы	Характерные соотношения между компонентами	Подтип	Температура, °С	Типичный ионный состав	Геологические условия формирования	Общая минерализация, г/л	Содержание CO_2 св, г/л	Ориентировочный дебит, л/сут	Главные представители
IV	Гидрокарбонатно-хлоридные натриевые (холодные и теплые)	$\text{гCl}35-50\%$ $\text{гNa} > 65\%$	Ессентукский (местами обогащенные йодом)	До 37	Гидрокарбонатно-хлоридно-натриевый	Смешанные древние инфльтрационные и измененные воды морского происхождения в районах нефтяных месторождений	» 12,0	» 2,5	Десятки и сотни тысяч	Ессентуки, Дзау-Суар (Джава), Малка (Камчатка), Сойма (Закарпатье), Декачевицы (Чехословакия), Джульфар (Нахичеванская АССР) Синегорский (Южный Сахалин)
V	Хлоридно-натриевые	$\text{гCl} > 65\%$ $\text{гNa} > 65\%$	Джультинский (с повышенным содержанием мышьяка) Арани	» 37 и выше	Хлоридно-карбонатно-натриевый	То же, на участках гидротермального мышьякового оруденения	» 25,0	» 2,5	То же	(Чехословакия), Джульфар (Нахичеванская АССР) Синегорский (Южный Сахалин)
		$\text{гNa} > 65\%$	Арани	» 37 и выше	Хлоридно-натриевый	Воды выщелачивания соленосных толщ	» 30,0	» 2,7	Сотни тысяч и миллионы	Арани (Армянская ССР) Наугейм, Кох-Брунн (ФРГ)
		$\frac{\text{гNa}}{\text{гCl}} > 1$ $\frac{\text{гNa}}{\text{гCl}} < 1$	Карнатский	» 37 и выше	»	Воды древнего морского генезиса	» 35,0	» 2,7	То же	Вишне-Быстри (Закарпатье), Карма-Дон (Северная Осетия)

Таблица 2. Главнейшие типы водонапорных систем (по А. М. Овчинникову)

Типы водонапорных систем	Размеры	Геологические структуры	Зональность	Условия разгрузки	Примеры
I Крупные артезианские бассейны	> 100 000 км ²	Впадины на платформах, синеклизы, большие мульды	Хорошо выраженные гидрохимические зоны с водами различной минерализации, на глубине хлоридно-натриево-кальциевые рассолы	Открытые очаги разгрузки в виде источников, закрытые — в долинах рек и у берегов морей	Московская синеклиза; Прибалтийская, Днепровская, Причерноморская впадины
II Средние артезианские бассейны	100 000 — — 10 000 км ²	Предгорные впадины, краевые прогибы, межгорные котловины, моноклинали, синклинали	Распределение гидромических зон сложное, местами обратное соотношение	Источники в зонах разлома и у края впадин	Терско-Кумский, Ферганский бассейны
III Малые артезианские бассейны	< 10 000 км ²	Наложённые мульды, синклинали, небольшие впадины, грабены	Хорошо выражена верхняя гидрохимическая зона с пресными водами	То же	Бассейны байкальского типа
IV Выступающие массивы трещинных вод	Различные	Щиты, выступы, крупные горсты, сложенные древними кристаллическими и метаморфическими породами, прорванными интрузиями: а) древние эродированные массивы без молодых нарушений;	Обычно хорошо выражена зона интенсивного водообмена, в местах молодых нарушений наличие термальных вод	Источники, колодцы, скважины	Балтийский щит; Украинский щит; Байкальский свод (с грабеном оз. Байкал)

Типы водонапорных систем	Размеры	Геологические структуры	Зональность	Условия разгрузки	Примеры
<p>V</p> <p>Соленые бассейны подземных вод складчатых областей</p>	<p>Сочетание малых и средних бассейнов и склонов</p>	<p>б) массивы, перекрытые чехлом осадочных отложений; в) массивы, разбитые молодыми разломами</p> <p>Разнообразные структуры горных стран (складчатые, глыбовые, блоковые) палеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов, разбитые тектоническими разломами, местами с интрузивами и эффузивами</p>	<p>Зональность фрагментарна. Выделяется верхняя зона инфильтрации и нижняя зона с сложным распределением вод различного состава. При наличии молодых интрузий разветвы углекислые воды</p>	<p>Хорошо выражены линейные зоны разрузок, наиболее мощная зона обычно краевая. В области мерзлоты наледы и тарыны</p>	<p>Копетдаг (без проявления молотого магматизма); Кавказ (с проявлением молодого магматизма); Камчатка (с современным вулканизмом)</p>
<p>VI</p> <p>Грунтовые потоки и бассейны «субартезианского» типа</p>	<p>Различные</p>	<p>Зандровые поля, озы, ледниковые нагромождения, погребенные террасы, конусы выноса в четвертичных флювиогляциальных отложениях и третичных молассах</p>	<p>Преимущественно пресные воды, в засушливых районах (континентального засоления) с повышенной минерализацией</p>	<p>Мощные источники в местах выклинивания (Кара-Су)</p>	<p>Кусарская наклонная равнина, Кура-Араксинская низменность</p>

Таблица 3. Водонапорные системы СССР (по А. М. Овчинникову)

№ на схеме	Районы первого порядка	Районы второго порядка	Гидрогеологическая характеристика
1	Балтийский кристаллический щит	<p>I. Русская платформа и Урал</p> <p>а) Мурманский северный район гор и плоскогорья Кольского полуострова; б) Карельский район ледниковой денудации</p>	Водонапорная система трещинных вод
2	Прибалтийский склон	<p>а) Прибалтийский артезианский склон (глинт); б) Подольско-Литовская впадина; в) Белорусский массив; г) Центральное девонское поле</p>	Сложный артезианский склон, дренируемый системой рек бассейнов Немвы, Западной Двины, Немана, на юге частично реками бассейна Днепра
3	Московская синеклиза	<p>а) Воронежский массив с развитием девонских отложений; б) Московский артезианский бассейн; в) Северо-Двинский артезианский бассейн</p>	Крупный артезианский бассейн с пресной водой в каменноугольных отложениях
4	Тимано-Печорская система	<p>а) Тиман (поднятие древнего фундамента); б) связанные артезианские бассейны Печорской впадины: Печорский, Усинский, Коротайхский, Включают части Предуральского прогиба</p>	Сложная водонапорная система с нефтяными и газовыми месторождениями и радиеносными водами в районе Тимана
5	Урал	<p>а) Западная полоса палеозоя; б) древние антиклинории; в) зеленокаменная полоса; г) полоса гранитных массивов; д) восточная полоса палеозоя</p>	Водонапорная система вытянутых меридионально сопряженных бассейнов пластово-трещинных и трещинных вод

№ на схеме	Районы первого порядка	Районы второго порядка	Гидрогеологическая характеристика
6	Волго-Камская система	а) Камский артезианский бассейн (Глазовская свеклига; б) Мелекесская впадина; в) Предуральский красной прогиб; г) южный артезианский склон, осложненный флексурами	Крупный сложный бассейн, разделенный кунгурским водоупором на два этажа, с нефтяными и соляными месторождениями
7	Прикаспийская впадина	а) Общий Сырт; б) Актюбинское Приуралье; в) Заволжье и район сытовых глин; г) Астраханские степи; д) Урал-Эмбенский район соляных куполов	Артезианский бассейн с многочисленными соляными куполами и залежами нефти
8	Приволжская впадина	а) Северный район (Сурский); б) южный район (Хоперский)	Сурско-Хоперский наложенный артезианский бассейн, дренируемый системой рек Суры и Хопра
9	Ергени	а) Ергенинское плато; б) система маньчжских впадин	Бассейн подземных вод в неогеновых и четвертичных флювиогляциальных отложениях с развитием вод «континентального засоления»
10	Донецко-Донская впадина	а) Район Арчединского поднятия; б) Придонецкий район	Двухэтажный бассейн с очагом разгрузки на Арчединском поднятии (р. Дон)
11	Днепровская (Северо-Украинская) впадина	а) Центральный Днепровский бассейн; б) западный бассейн Припятского прогиба	Сложный артезианский бассейн с газовыми залежами, осложненный соляными куполами, выжатыми из девонских отложений

№ на схеме	Районы первого порядка	Районы второго порядка	Гидрогеологическая характеристика
12	Донбасс	Южный район (с развитием карста); б) центральный район; в) район северных меловых мульд	Водонапорная система пластово-трещинных вод
13	Украинский кристаллический массив	а) Днепровский бассейн субартезианского типа (в трещичных отложениях); б) бассейн трещинных вод кристаллического массива	Водонапорная система трещинных вод с наложенным бассейном
14	Причерноморская впадина	а) Западный (Молдавский) район, на юге ограниченный Добруджей; б) центральный район (склон кристаллического массива); в) восточный Мелитопольский район	Сложный артезианский бассейн. Имеет черты крупного артезианского склона
15	Львовская впадина	а) Северный район (Брестский); б) южный район (Львовский)	Часть крупного Варшавского артезианского бассейна с хорошо выраженной полосой разгрузки напорных вод на границе с Предкарпатским краевым прогибом
16	Восточные Карпаты	II. Зона альпийской складчатости Юга СССР а) Северная полоса с месторождениями газа (бассейн р. Днестра); б) внутренняя зона Передового прогиба с солончатыми отложениями; в) складчатые хребты, сложенные флишевыми отложениями с нефтяными залежами; г) бассейн р. Тисы с углекислыми водами;	Сложная водонапорная система горно-складчатого сооружения

№ на схеме	Районы первого порядка	Районы второго порядка	Гидрогеологическая характеристика
17	Крым	д) Выгорлат-Гутинская полоса эффузивов; в) Закарпатские впадины (северный край — Бенгерская низменность) а) Горный Крым (с карстовыми водами); б) Степной Крым; в) Керченский район грязевых сопок (с нефтяными месторождениями)	Асимметричная водонапорная система с областью создания напора в Горном Крыму
18	Азово-Кубанская предгорная впадина	а) Западный район грязевых сопок Тамани; б) бассейн в меловых флишевых отложениях; в) наложенный бассейн в неогеновых отложениях (надрудные слои в районе Краснодара)	Артезианский бассейн предгорного типа
19	Терско-Кумская впадина	а) Ставропольское поднятие; б) Терско-Кумский бассейн; в) район мощных газовых залежей в хадумском горизонте майкопа	Артезианский асимметричный бассейн со скрытой разгрузкой на севере в прилегающей Кумской впадине. На юге отделен от передового хребта древней долиной р. Терек
20	Большой Кавказ	а) Крупный артезианский склон Северного Кавказа (в мезозойских отложениях); б) область Центрального Кавказа и район Кавказских минеральных вод; в) водоносные системы передовых хребтов (Терско-Сунженского и др.); г) флишевые бассейны Северо-Западного Кавказа; д) сланцевая область Дагестана; е) южный склон Кавказа и зона Абхазских фаций	Сложная водонапорная система горноскладчатой области

№ на схеме	Районы первого порядка	Районы второго порядка	Гидрогеологическая характеристика
21	Кура-Араксинская межгорная впадина	а) Алазанский артезианский бассейн; б) Муганский, Мильский, Ширванский степные районы; в) Апшеронский район с нефтяными залежами и грязевым вулканом	Артезианский бассейн с водами различной минерализации
22	Малый Кавказ	а) Аджаро-Триалетская система; б) северный склон Малого Кавказа (Кировобадский район); в) Севано-Карабахский синклиниорий; г) лавовое нагорье Армени; д) Нахичеванский бассейн	Сложная складчатая водоносная система артезианских бассейнов с углекислыми водами
III. Средняя Азия и Восточный Казахстан			
23	Копетдаг	а) Туркмено - Хорасанская сложная складчатая водоносная система; б) Копетдагская термальная зона извещняков неокон - мальма	Складчатые артезианские бассейны с резко выраженной линейной зоной разгрузки термальных вод
24	Западно-Туркменский (Закаспийский) прогиб	а) Мангышлак; б) Карабогазский и Красноводский бассейны в меловых, палеогеновых и неогеновых отложениях; в) Балханы (антиклинальная структура); г) Туаркырское поднятие	Глубокий артезианский бассейн в неогеновых и палеогеновых отложениях с нефтяными залежами и йодо-бромными водами (Челекен и др.)
25	Среднекаспийская система	Сложный артезианский бассейн с наличием глубоких впадин (Карагие)	Сложный артезианский бассейн с наличием глубоких впадин (Карагие) и обводненных поднятий

№ на схеме	Районы первого порядка	Районы второго порядка	Гидрогеологическая характеристика
26	Устюрт		Приподнятые и дренированные бассейны подземных вод в сарматских отложениях
27	Каракумский (Амударьинский) прогиб	а) Бухаро-Каршинская газоносная провинция (Газли); б) Зеравшанский бассейн; в) Дсхканабадский бассейн	Крупный артезианский бассейн с серными буграми - Древними очагами разгрузки сероводородных вод нефтяных месторождений
28	Таджикская депрессия	а) Сурхан - Дарьинский бассейн; б) Вахшский бассейн; в) Кулябский бассейн	Сложный бассейн с соляными куполами (юрскими) и сероводородными, термальными, йодо-бромными водами
29	Памир	а) Восточный район (с малым количеством осадков и многолетней мерзлотой); б) западный район с интенсивно эрозийным расчленением	Высокогорная водонапорная система с теплыми углекислыми водами
30	Тянь-Шань	а) Южный Тянь-Шань; б) Центральный Тянь-Шань	Сложная водонапорная система с выступающими обводненными массивами кристаллических пород, разделенными впадинами, выполненными меловыми отложениями
31	Каратау	а) Северный район; б) центральный район; в) южный район	Складчатая водонапорная система с рудными залежами
32	Ферганская межгорная впадина		Сложный многоэтажный артезианский бассейн с месторождениями нефти, термальных и сероводородных, йодо-бромных вод

№ на схеме	Районы первого порядка	Районы второго порядка	Гидрогеологическая характеристика
33	Иссык-Кульская впадина	а) Западный бассейн; б) восточный бассейн	Артезианский межгорный бассейн с очагом разгрузки радиоактивных хлоридно-кальциево-натриевых вод Джегтыгуз
34	Кызылкумские останцовые горы		Малые артезианские бассейны (Мынбулакский и другие бассейны палеозойского фундамента)
35	Сырдарьинская впадина	а) Сырдарьинский северо-западный бассейн; б) Ташкентский юго-восточный бассейн (с термальными водами); Приаральский бассейн	Крупный артезианский бассейн в меловых и третичных отложениях, согласно залегающих на палеозойских
36	Чуйская межгорная впадина		Асимметричный наложенный бассейн в меловых и палеогеновых отложениях. В долине р. Чу очаги разгрузки «Гма»
37	Илийская впадина		Глубокий артезианский бассейн с горячими водами
38	Джунгарский Алагау		Водонапорная система в выступающих массивах, среди которых большую роль играют гранитные интрузии с трещинными водами (Юпал-Арасанские термы и др.)
39	Балхаш-Алакульская впадина	а) Балхашский район; б) Алакульский район	Артезианский бассейн с широким развигием грунтовых вод с пестрой минерализацией

№ на схеме	Районы первого порядка	Районы второго порядка	Гидрогеологическая характеристика
40	Тарбагатай		Водонапорная система горно-складчатого сооружения, сложенная трещиноватыми палеозойскими отложениями, прикрытыми четвертичными
41	Зайсанская впадина		Бассейны пресных вод межгорной котловины в кайнозойских отложениях, прикрытых четвертичными
42	Центральный Казахстан		Водонапорные системы трещинных вод с наложенными мульдами (бассейны пресных вод)
43	Карагандинская мульда		Артезианский бассейн в юрских отложениях
44	Тургайская впадина	а) Северный район; б) склоны Мугоджар; в) Северо-Приаральский район	Крупный складчатый бассейн с пресными водами в крайних частях. Пресные воды имеются в песчаных массивах
IV. Западно-Сибирская низменность и прилегающие районы Горного Алтая			
45	Курган-Тюменский район		Юго-западная часть Западно-Сибирского артезианского бассейна с морскими фациями, с залежами нефти и термальными водами
46	Березовский район		Район с нефтяными и газовыми месторождениями.

Продолжение

№ на схеме	Районы первого порядка	Районы второго порядка	Гидрогеологическая характеристика
47	Обско-Тазовская синеклиза		Северная часть Западно-Сибирского артезианского бассейна с мощной зоной многолетней мерзлоты
48	Иртышская синеклиза		Центральная часть Западно-Сибирского артезианского бассейна. Высокоминерализованные рассолы отсутствуют
49	Барнаул-Кулундинская межгорная депрессия		Южная часть Западно-Сибирского артезианского бассейна, отделенная от Иртышского Славгородским валом
50	Чулымская синеклиза		Восточная часть Западно-Сибирского артезианского бассейна с глубоким залеганием пресных и слабоминерализованных вод
51	Салаирско-Кузнецкий район	а) Кузнецкая котловина (пермь-юра); б) Салаирский кряж Кузнецкого Алатау; в) Томь-Кольванская система	Сложный межгорный слабоводобильный бассейн с проявлением углекислых вод
52	Алтай		Относительно слабообводненная горная система с трещинными водами в гранитных массивах, на краю которых имеются очаги разгрузки азотных радионуклидов термальных вод (Белокуриха, Рахмановские ключи, Абакан)

№ на схеме	Районы первого порядка	Районы второго порядка	Гидрогеологическая характеристика
53	Таймыр	а) Северный район (с трещинными водами в гранитах); б) средний район (трещинно-карстовые воды палеозойских отложений); в) южный район (пластово-трещинные воды перми и триаса)	Горно-складчатая область с мощной зоной многолетней мерзлоты
54	Хатангский красовой прогиб		Двухэтажный артезианский бассейн. Мощность многолетней мерзлоты до 800 м
55	Анабарский массив		Складчатый массив с трещинными водами в архейских кристаллических образованиях
56	Туруханско-Хантайская система		Мощность многолетней мерзлоты 300—400 м
57	Енисейская складчатая область		Массивы с трещинными водами в древних кристаллических и метаморфических породах
			Массив с трещинными водами, сложенный докембрийскими и нижнекембрийскими образованиями. Южная часть сложена архейскими гранитами с гнейсами

V. Восточно-Сибирская платформа и ее обрамление

№ на схеме	Районы первого порядка	Районы второго порядка	Гидрогеологическая характеристика
58	Западные Саяны с районом минусинских впадин	а) Районы минусинских впадин; б) Тувинская впадина (с юрскими отложениями)	Артезианские бассейны в межгорных впадинах, сложенные палеозойскими отложениями
59	Восточные Саяны	а) Складчатая область с углекислыми водами; б) Тункинская котловина	Складчатая область с трещинными водами в архейских образованиях и трещинно-карстовыми водами в кембрийских отложениях. Мощность многолетней мерзлоты достигает 265 м
60	Тунгусская впадина		Крупный артезианский бассейн с большим развитием многолетней мерзлоты
61	Якутская впадина		Крупный артезианский бассейн вод высокой минерализации, приуроченный к Предверхолянскому прогибу, заполненному отложениями юры и мела (наложенный бассейн на кембрийских отложениях). На севере газовые залежи, на западе трубки с алмазами
62	Верхнеленский краевой прогиб		Складчатый бассейн с очагами разгрузки соленых вод и рассолов
63	Ангарский прогиб		Артезианский бассейн в древнепалеозойских отложениях Иркутского амфинодо-бромными хлоридно-кальциевыми рассолами

Продолжение

№ на схеме	Районы первого порядка	Районы второго порядка	Гидрогеологическая характеристика
64	Иркутская впадина		Наложенный артезианский бассейн в юрских угленосных отложениях в При-саянском прогибе
65	Канская впадина		Наложенный сильно расчлененный артезианский бассейн в юрских отложениях
66	Патомо-Витимское нагорье		Массив кристаллических и метаморфических пород с трещинными водами коры выветривания, с развитием многолетней мерзлоты
67	Алданский массив		Массив древних пород с трещинными водами с развитием многолетней мерзлоты. На северном склоне развитие кембрийских закарстованных отложений
68	Чульманская впадина		Наложенный артезианский бассейн в юрских отложениях, залегающих на кембрийских известняках, с мощным очагом разгрузки пресных вод (Тимптонские источники)
69	Прибайкалье и Забайкалье		Обводненный складчатый массив с узкими впадинами (грабенами) — малыми артезианскими бассейнами забайкальского типа. Область развития холодных углекислых вод невысокой минерализации

№ на схеме	Районы первого порядка	Районы второго порядка	Гидрогеологическая характеристика
VI. Верхолюно-Колымская горная система и Дальний Восток			
70	Верхолюно-Колымская горная система	а) Верхоянские хребты; б) хребет Черского; в) Колымская дуга	Сложная горно-складчатая область с гигантскими наледями — тарынами
71	Срединный массив Верхояно-Колымской системы		Колымский артезианский бассейн
72	Чукотская область		Складчатая область с очагами разгрузки горячих азотных хлоридно-кальциево-натриевых вод (чукотского типа) вдоль берега морей
73	Приамурье и побережье Охотского моря		Сложная водонапорная система трещинных вод
74	Зейско-Буреинская впадина	а) Верхнезейский артезианский бассейн; б) Нижнезейский артезианский бассейн	Наложенные артезианские бассейны в меловых и третичных огложенных межгорных котловинах. Большой бассейн в крупной котловине, ограниченной долиной р. Амура и Буреинским хребтом
75	Сихотэ-Алинь	а) Западный склон; б) котловина оз. Ханко; в) восточные склоны Сихотэ-Алиня	Горно-складчатая область с развитием ультрапресных вод. На границе зон мезозойской и альпийской складчатости с развитием базальтовых покровов (углекислые воды и азотные термы)

№ на схеме	Районы первого порядка	Районы второго порядка	Гидрогеологическая характеристика
76	Сахалин		Сложная водонапорная система преимущественно в отложениях флишеподобного характера. Имеется месторождение углекислых мышьяковистых вод
77	Пенжинско-Анадырская впадина		Артезианский бассейн с мощной многолетней мерзлотой
78	Корякская область		Сочлененные бассейны с трещинными водами в эффузивных породах
79	Камчатка		Сложная водонапорная система, заключающая горячие артезианские воды и фумарольные термы на участках действующих вулканов (28 вулканов). В восточной части полуострова область углекислых вод
80	Курильские острова		Своеобразные водонапорные системы с развитием кислых фумарольных терм

Таблица 4. Типы очагов разгрузки напорных вод (по А. М. Овчинникову)

Возраст	Тип	Характеристика	Пример
Современные	Открытые (естественные, искусственные)	Эрозсионные	Локализованные очаги разгрузки на отдельных платформенных структурах в глубоких речных долинах; в некоторых пустынных районах — бессточные впадины (солончак)
		Барьерные	Выходы напорных пресных и минеральных вод вблизи поднятий
		Структурно-тектонические	Крупные источники в зонах тектонических разломов на платформах; линейные зоны разгрузки в горноскладчатых областях
Скрытые	Внешние		Усолье, Копетдагская термальная зона, В нефтегазоносных районах — грязевые сопки
		Внутренние	Долина Днепра, Мыс Аяя (Крым), Гагра, Терско-Кумский бассейн
		Скрытые	Субфлювиальные: русловые, под четвертичными аллювиальными отложениями; субмаринные (вблизи берегов морей); скрытые распыленные — просачивание вод через водонепроницаемые толщи

Возраст	Тип	Характеристика	Пример
	Внутренние	Очаги разгрузки в местах несогласного налегания свит; на участках «фациальных окон»; в зонах тектонических разломов; в осевых частях антиклиналей, куполов, поднятий	Распространены в нефтегазоносных районах и сложно сопряжены с внешними очагами разгрузки
	<p>Нефтяные и газовые месторождения на участках с затрудненной разгрузкой и в местах ловушек, а также во внутренних очагах разгрузки</p> <p>Месторождения серы в очагах разгрузки сероводородных вод высокой концентрации</p> <p>Гидротермальные рудные месторождения</p> <p>Зоны скарна на контакте интрузий и карбонатных пород</p> <p>Отложения известняков, туфа, травертина, арагонита (на участках выхода углекислых вод)</p> <p>Соляные купола (особый тип)</p>	<p>Северный Кавказ, Средняя Азия</p> <p>Предкарпатье, Серые бугры (Каракумы)</p> <p>Большинство полиметаллических месторождений</p> <p>Многие рудные районы Карловы Вары (Словакия). КМВ</p>	

Таблица 5. Схема классификации месторождений полезных ископаемых (по А. М. Овчинникову)

Генетические типы	Обстановка, формирование, подтипы	Отрасль науки, изучающая обстановку формирования	Примеры
I Инсоляционные (почвенно-климатические)	Кора выветривания	Геохимия ландшафта	Железные, марганцевые руды и др.
II Седиментационные	Континентальные а) гумидной зоны б) аридной зоны Морские а) осадочные б) осадочно-вулканические		
III Гидрогенные	Водоносные горизонты древних бассейнов Гидротермальные (с участием элементов, мигрирующих из магматических очагов)	Гидрогеохимия Палеогеогеология Учение о рудных месторождениях	Большинство рудных месторождений (полиметаллов и др.)
IV Магматогенные	Метаморфогенные, пневматолитические Собственно магматогенные процессы (дифференциация и ликвация)	Вулканология Петрография	Хромитовые руды, алмазы и др.

Таблица 6. Типы месторождений радиоактивных вод (по А. М. Овчинникову)

Типы вод	В породах с нормальным содержанием радиоэлементов	В породах, обогащенных радиоэлементами	Примеры
Радоновые воды (с эманацией радия более 3,5 МЕ).	<p>Линзообразные динамические залежи в грунтовых водах и в верховидке коры выветривания гранитных массивов</p> <p>Штокообразные динамические тела среди напорных вод на контакте гранитов и сланцев</p> <p>Линзообразные залежи среди дериватных вод в четвертичных отложениях</p>	<p>Локальные грунтовые воды на участках месторождений урано-радиевых руд (рудничные воды)</p> <p>Термальные воды на участках гидротермальных урано-радиевых месторождений</p> <p>Дериватные воды на участках травертинов</p>	<p>Холодные гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевого воды (Урал, Украина и др.)</p> <p>Азотные гидросульфидные воды пиренейского типа (Алтай, Тянь-Шань, Рудные горы)</p> <p>Дегазированные воды (Цхалтубо, Пятигорск)</p>
Радиевые воды с содержанием радия порядка 10—11 г/л и более	<p>Пластовые воды осадочных терригенных отложений</p> <p>Пластовые рассольные воды закрытых структур</p>	<p>Уран-радон-радиевые воды месторождений редких элементов</p> <p>Воды нефтяных месторождений у контакта с массивами кислых пород</p>	<p>Прибалтика, Тюя-Муюн, Яхимов</p> <p>Хлоридные натриево-кальциевые воды метаморфизованного морского типа (Ухта, Рейнский грабен)</p>

Таблица 7. Сравнительная характеристика основных генетических типов подземных вод (по А. М. Овчинникову)

Показатели для основных типов вод	Инфильтрационные воды атмосферного происхождения (выпадающие осадки, просачивание речных вод и т. д.)	Седиментационные воды (именные воды древних водоемов: морских, озерных и т. п.)	Возрожденные воды (выделяющиеся при нагревании из минералов и пород)
Химический состав исходных вод	Средний состав вод рек земного шара: $M_{0,5} \frac{\text{HCO}_3^-}{74} \text{SO}_4^{2-} \text{Cl}_1 \text{Cl}_{10}$ $\text{Ca}_{61} \text{Mg}_{18} \text{Na}_{12}$	Состав воды океана: $M_{35} \frac{\text{Cl}_{190} \text{SO}_4^4}{\text{Na}_{70} \text{Mg}_{18} \text{Ca}_5}$	Конституционная вода: Н ⁺ , ОН ⁻ или Н ₃ О ⁺ ; кристаллизационная, цеолитная, сорбированная (Н ₂ О) и
Некоторые характерные компоненты	Fe ⁺⁺ , Fe ⁺⁺⁺ , F ⁺ , Rn и др.	Br ⁻ , J ⁻ , NH ₄ ⁺ , Rn и др.	H ₂ SiO ₃ , As, B и др.
Состав растворенных и свободно выделяющихся газов	N ₂ , O ₂ , CO ₂ , Ar и др. (газы воздушного происхождения)	CH ₄ , тяжелые углеводороды, N ₂ , CO ₂ и др. (газы биохимического происхождения)	H ₂ S, CO ₂ и кислые газы очагов вулканов (газы метаморфического происхождения). В очагах извержений – вулканические газы

Показатели для основных типов вод	Инфильтрационные воды атмосферного происхождения (выпадающие осадки, просачивание речных вод и т. д.)	Седиментационные воды (измененные воды древних водоёмов: морских, озёрных и т. п.)	Возрожденные воды (выделяющиеся при нагревании из минералов и пород)
Коэффициенты пропорциональностей	$\frac{r \text{ Na}}{r \text{ Cl}} = 1,8$ (для вод рек), $\text{Cl} = 300 - 800, \frac{\text{Ca}}{\text{Cl}} = 200$	$\frac{r \text{ Na}}{r \text{ Cl}} = 0,85$ (для вод океана; для подземных вод этот коэффициент может изменяться), $\frac{\text{Cl}}{\text{Br}} < 800, \frac{\text{Ca}}{\text{Sr}} = 33$	Для гейзеров Камчатки. $\frac{r \text{ Na}}{r \text{ Cl}} = 1,1, \frac{\text{Cl}}{\text{Br}} = 294$
Процессы формирования химического состава	Выщелачивание, растворение (разрушение кристаллической решетки и переход веществ из твердого состояния в жидкое)	Вытеснение сформировавшихся вод с измененным составом вследствие обмена катионов и микробиологических процессов; смешение с инфильтрационными водами	Переход из связанного состояния в свободное, дегидратация с последующим смешением вод различных типов. Нахождение вулканическими газами вблизи очага интрузии
Характерные представители	Большинство пресных, гидрокарбонатных вод; сульфатные воды, связанные с гипсами, хлоридные воды соляных залежей	Воды глубоких частей структур, нефтяных месторождений, хлоридно-кальциево-натриевого и хлоридно-гидрокарбонатно-натриевого состава	Воды районов современного вулканизма; в чистом виде не встречаются; воды гейзеров — кремнистые, хлоридно-натриевые. Фумарольные термы — очень кислые, сульфатные

Именной указатель

- Абдуллаев Х. М. 32, 81, 82
Абих Г. 68
Адилов В. Б. 8, 85, 137, 145
Адылов Б. Б. 85
Азманов А. 130
Алексеев Ф. А. 25
Альтовский М. Е. 17
Андрусов Д. 44
Антонов В. П. 25
Архангельский А. Д. 14, 15, 18, 48
Аскеров А. Г. 6
- Бабинец А. Е. 6, 96
Балашов Л. С. 144
Балкарев М. И. 31
Барабанов Л. Н. 8
Баранов В. И. 23
Басков Е. А. 94, 145
Беляков М. Ф. 121
Белякова Е. Е. 32
Богданов А. А. 22, 31
Богданов Г. Я. 137, 142, 145
Богданова Т. М. 145
Богомоллов Г. В. 22
Богородицкий К. Ф. 6
Бондаренко С. С. 143
Бончев Е. 130
Боревский Б. В. 141
Болховитинова М. А. 25
Буачидзе Г. И. 6
Бунеев А. Н. 48, 72, 100
Бутов П. И. 16
- Вагин С. Б. 94, 97
Вартамян Г. С. 142
Васильевский М. М. 124
- Василенко Н. А. 31
Вассоевич Н. Б. 98
Вернадский В. И. 5, 8, 18—20, 28, 48, 52, 99, 100
Воздвиженский Б. И. 25
- Гавич И. К. 6, 8, 32, 133, 134, 145
Гавич Т. И. 137
Гатальский М. А. 94
Герасимов А. П. 48, 123
Германов А. И. 6, 146
Голева Г. А. 6, 144
Горбушина Л. В. 25, 73, 98
Громова М. В. 25
Губкин И. М. 14, 16, 17
Гуревич М. С. 32
- Дебре А. 48
Делоне Л. 48
Дзенс—Литовский А. И. 32, 125
Димитров С. 130
Докучаев В. В. 15, 16, 20, 28, 47, 49, 99, 123
- Егоров Н. Н. 146
Еремеев А. Н. 146
Ермаков Н. П. 97
- Жуков М. М. 17
- Заборовский А. И. 25
Зайцев И. К. 32, 126, 142
Затенецкая Н. П. 96
Захарченко А. И. 97
- Ибрагимов Д. С. 85
Иванов В. В. 29, 31, 32, 48, 100, 128, 141, 142

- Ивашков В. Ю. 32
Игнатович Н. К. 17, 48, 92, 94,
102, 126
Ильин В. С. 16, 28, 123
- Калинин М. И. 12, 13
Калинин П. В. 25
Каменов Б. 130
Каменский Г. Н. 7, 16, 20, 28, 76,
124, 125, 142
Карпинский А. П. 14, 47, 123,
141
Карпов А. А. 94, 97, 142, 145
Кенессарин Н. А. 82
Киров С. М. 10
Климентов П. П. 22
Ковалевский В. С. 146
Козырев А. А. 16
Кононов В. М. 145
Коншин А. М. 68
Корценштейн В. Н. 6, 142
Костенко Н. П. 30
Кошкуль 68
Кравцов А. И. 25
Крайнов С. Р. 6, 143, 144
Красинцева В. В. 6, 96
Крылов М. М. 82
Крюков П. А. 96
Кудельский А. В. 6
Куканов В. М. 71
Куликов Г. В. 85
Куцель Е. Н. 146
- Лангваген Я. В. 17, 48
Ланге О. К. 15, 16, 123
Лебедев Д. Т. 25
Леммлейн Г. Г. 97
Ленин В. И. 10
Лисицын А. К. 6, 146
Литвинович Н. В. 25
Личков Б. Л. 16, 124
Ломоносов М. В. 131
Лучицкий В. И. 16
Лучшева А. А. 138
Луцихин Н. Н. 17
- Ляхов Л. Л. 138
Мавлянов Г. А. 81
Маврицкий Б. Ф. 94, 141, 143
Мазарович А. Н. 14—16
Макаренко Ф. А. 48, 71
Маков К. И. 93, 125
Маринов Н. А. 143
Матула М. 44
Мелиорис Л. 44
Меннер В. В. 22
Меркулова М. С. 73
Мефферт Б. Ф. 68
Милановский Е. В. 14, 15, 28
Митрофанова П. В. 25
Мольденгауер Ф. Ф. 68
Мудрецова Е. А. 25
Мукимов Д. С. 85
Муратов М. В. 22, 25, 31
Мухин Ю. В. 98
Мушкетов И. В. 14, 15, 47
- Никаноров А. М. 145
Никитин М. Р. 143
Никитин С. Н. 15, 47
Николаев Н. И. 22
Никулина Т. М. 25
- Обручев В. А. 11, 14
Обручев С. В. 68
Овчинников М. В. 9
Овчинникова Л. К. 6, 30, 31
Овчинникова (Домантович)
Н. А. 9
Огильви А. Н. 18, 28, 48, 107
Опшель Ф. В. 132
Орджоникидзе Г. К. 10
Осмоловский И. С. 23, 146
- Павлинов В. Н. 22, 25
Павлов А. П. 14, 15
Пантелеев И. Я. 6, 142
Пенчев П. 130
Перельман А. И. 6, 8, 50; 83, 92,
103, 146
Петр I 47

- Пиннекер Е. В. 6, 113
Питьева К. Е. 144
Плотникова Г. Н. 6, 142
Погребов Н. Ф. 15
Полынов Б. В. 50, 83
Посохов Е. В. 144
Пригоровский М. М. 16
Приклонский В. А. 7, 25
Пчелин Н. С. 17, 29, 48, 100
- Ренгартен В. П. 48
Роговская Н. В. 6, 141, 143
Рожков П. В. 25
Рубцов К. И. 25
Русинов Л. А. 133
- Саваренский Ф. П. 7, 14—16,
20, 28, 125
Савченко В. П. 73
Салменкова Н. А. 98
Самарина В. С. 144
Седенко М. В. 22
Семашко Н. А. 29
Семенова—Ерофеева С. М. 134,
136
Семихатов А. Н. 14—16, 28, 94,
124
Сергеев М. В. 16, 71
Сплин-Бекчурин А. И. 17, 94
Скабалланович И. А. 22
Славянов Н. Н. 16, 48
Смирнов С. И. 145
Смольянинов Н. А. 25
Соколов Н. А. 47
Спицын Н. И. 25
Старик И. Е. 109
Степанов Б. Л. 25
Стопневич А. Д. 15, 47
Султанходжаев А. Н. 85
- Терлецкий Б. К. 124
Тер-Оганезов В. Т. 25
Терпигорев А. М. 14
Токарев А. Н. 6, 146
- Толстихин Н. И. 16, 31, 32, 48,
124, 125, 142
Туляганов Х. Т. 81
Тыминский В. Г. 73, 98
- Удодов П. А. 33
Уклонский А. С. 81
- Фарфель Л. С. 142
Ферсман А. Е. 28, 48, 75, 83, 84
- Хасанов А. С. 85
Хейнитц Ф. А. 132
Хитаров Н. И. 97, 119
Ходжакулиев Я. А. 6, 97
Ходжибаев Н. Н. 85
Храмушев А. Х. 48
- Чернышев Ф. Н. 14
Чирвипский П. Н. 93, 95
- Шагоянц С. А. 94
Шандер Е. В. 25
Шацкий Н. С. 14, 28
Шварцев С. Л. 6, 8, 144
Швец В. М. 6, 143, 144
Швецов М. С. 25
Швецов П. Ф. 6, 8, 141
Шикин С. В. 25
Шипина М. В. 25
Шишоян В. Н. 71
Штильмарк В. В. 17, 29, 31, 4с,
100
- Щеголев Д. И. 23
Щелкачев В. Н. 20
Щербаков А. В. 143
- Язвин Л. С. 141
Якобсон Г. П. 142
Якуцени В. П. 146
Яницкий И. Н. 146
Янчевский Л. А. 47
Яроцкий Л. А. 29, 31, 32, 100,
128, 141
Ясевич А. П. 52

Содержание

От редактора	5
От авторов	7
Детские и юношеские годы	9
Студент Московской горной академии ,	10
Педагогическая работа в Московском геологоразведочном институте им. С. Орджоникидзе	19
В годы Великой Отечественной войны	26
Научная деятельность	28
Основные этапы	28
Гидрогеологические исследования горных стран альпийской зоны складчатости	34
Учение о месторождениях минеральных вод	47
Водонапорные системы земной коры и очаги разгрузки подземных вод	85
Палеогидрогеология	93
Гидрогеохимия	99
Радиогидрогеология и возраст подземных вод	107
Гидротермальные процессы	114
Гидрогеотермия	119
Гидрогеологическое районирование и картирование	123
Ученый-интернационалист. Человек	129
Заключение	141
Основные даты жизни и деятельности А. М. Овчинникова	148
Труды А. М. Овчинникова	150
Литература о А. М. Овчинникове	159
Приложение	160
Именной указатель	185



**В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «НАУКА»
ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ:**

Лишевский В. П.

Рассказы об ученых. 10 л.

В книге рассказывается о жизни и научной деятельности ряда выдающихся ученых — Кеплера, Д'Аламбера, Лапласа, Галуа, Столетова, Ковалевской и др. Читатель познакомится также с исторической обстановкой, в которой были сделаны те или иные научные открытия, получит представление об уровне науки в рассматриваемый период. Живо и увлекательно показано становление личности ученых, пути научных открытий, дана современная оценка вклада в науку каждого из них.

Для всех интересующихся историей естественных наук.

Павлова Г. Е., Федоров А. С.

Михаил Васильевич Ломоносов. 1711—1765. 30 л.

Интерес к жизни и деятельности основоположника отечественной науки Михаила Васильевича Ломоносова не ослабевает уже в течение почти двух столетий. Книга приурочена к 275-летию ученого. В ней на основании обширного материала по истории науки XVIII в. освещена биография М. В. Ломоносова, охарактеризовано его разностороннее научное, литературное и художественное творчество, раскрыта его роль в развитии мировой науки, прослежено влияние его идей на последующие поколения отечественных ученых.

Для широкого круга читателей, интересующихся историей русской науки и культуры.

Ратькина А. П.

Николай Васильевич Мельников. 1909—1980. 14 л.
В книге излагаются основные этапы жизни и деятельности академика Николая Васильевича Мельникова — крупнейшего советского ученого в области горной науки, выдающегося инженера-производственника, педагога и государственного деятеля. Работы Н. В. Мельникова сыграли важную роль в становлении отечественной горной науки, в развитии горной промышленности, в воспитании многих крупных специалистов горного дела. Автор показывает широкую публицистическую и общественную деятельность ученого в учреждениях АН СССР. Для широкого круга читателей, интересующихся развитием советской науки.

Загорский Ф. Н., Загорская И. М.

Джеймс Несмит. 1808—1890. 9 л.

Книга является научной биографией выдающегося английского инженера и изобретателя Джеймса Несмита, сконструировавшего паровой молот двойного действия, позволивший удовлетворить спрос машиностроительной промышленности на крупные детали. Важную роль в развитии промышленности сыграли и несколько типов металлообрабатывающих станков, сконструированных Д. Несмитом. Для читателей, интересующихся развитием мировой науки и техники.

Для получения книг почтой заказы просим направлять по адресу: 117192, Москва, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига»; 197345 Ленинград, Петрозаводская ул., 7, магазин «Книга — почтой» Северо-Западной конторы «Академкнига» или в ближайший магазин «Академкнига», имеющий отдел «Книга — почтой».

- | | | | |
|--------|---|--------|--|
| 480091 | Алма-Ата, ул. Фурманова, 91/97 («Книга — почтой»); | 196034 | Ленинград, В/О, 9 линия, 16; |
| 370005 | Баку, ул. Джапаридзе, 13 («Книга — почтой»); | 220012 | Минск, Ленинский проспект, 72 («Книга — почтой»); |
| 320093 | Днепропетровск, проспект Гагарина, 24 («Книга — почтой»); | 103009 | Москва, ул. Горького, 19а; |
| 734001 | Душанбе, проспект Ленина, 95 («Книга — почтой»); | 117312 | Москва, ул. Вавилова, 55/7; |
| 375002 | Ереван, ул. Туманяна, 31; | 630076 | Новосибирск, Красный проспект, 51; |
| 664033 | Иркутск, ул. Лермонтова, 289; | 630090 | Новосибирск, Академгородок, Морской проспект, 22 («Книга — почтой»); |
| 420043 | Казань, ул. Достоевского, 53; | 142292 | Пушино, Московская обл., МР, «В», 1; |
| 252030 | Киев, ул. Ленина, 42; | 620151 | Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137 («Книга — почтой»); |
| 252030 | Киев, ул. Пирогова, 2; | 700029 | Ташкент, ул. Ленина, 73; |
| 252142 | Киев, проспект Вернадского, 79; | 700100 | Ташкент, ул. Шота Руставели, 43; |
| 252030 | Киев, ул. Пирогова, 4 («Книга — почтой»); | 700187 | Ташкент, ул. Дружбы народов, 6 («Книга — почтой»); |
| 277012 | Кишинев, проспект Ленина, 148 («Книга — почтой»); | 634050 | Томск, наб. реки Ушайки, 18; |
| 343900 | Краматорск Донецкой обл., ул. Марата, 1; | 450059 | Уфа, ул. Р. Зорге, 10 («Книга — почтой»); |
| 660049 | Красноярск, проспект Мира, 84; | 450025 | Уфа, ул. Коммунистическая, 49; |
| 443002 | Куйбышев, проспект Ленина, 2 («Книга — почтой»); | 720001 | Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42 («Книга — почтой»); |
| 191104 | Ленинград, Литейный проспект, 57; | 310078 | Харьков, ул. Чернышевского, 87 («Книга — почтой»). |
| 199164 | Ленинград, Таможенный пер., 2; | | |

Людмила Константиновна Овчинникова
Владимир Михайлович Швец

Александр Михайлович Овчинников
1904—1969

Утверждено к печати
редколлегией научно-биографической серии
Академии наук СССР

Редактор издательства В. П. Большаков
Художественный редактор Л. В. Кабатова
Технические редакторы
Т. А. Калинина, М. Л. Анучина
Корректоры Р. С. Алимова, М. С. Вочарова

ИБ № 29158

Сдано в набор 16.11.84.

Подписано к печати 20.02.85.

Т-00950. Формат 84×108^{1/32}

Бумага книжно-журнальная импортная

Гарнитура обыкновенная

Печать высокая

Усл. печ. л. 10,08. Усл. кр. отт. 10,29. Уч.-изд. л. 10,8

Тираж 4850 экз. Тип. зак. 871

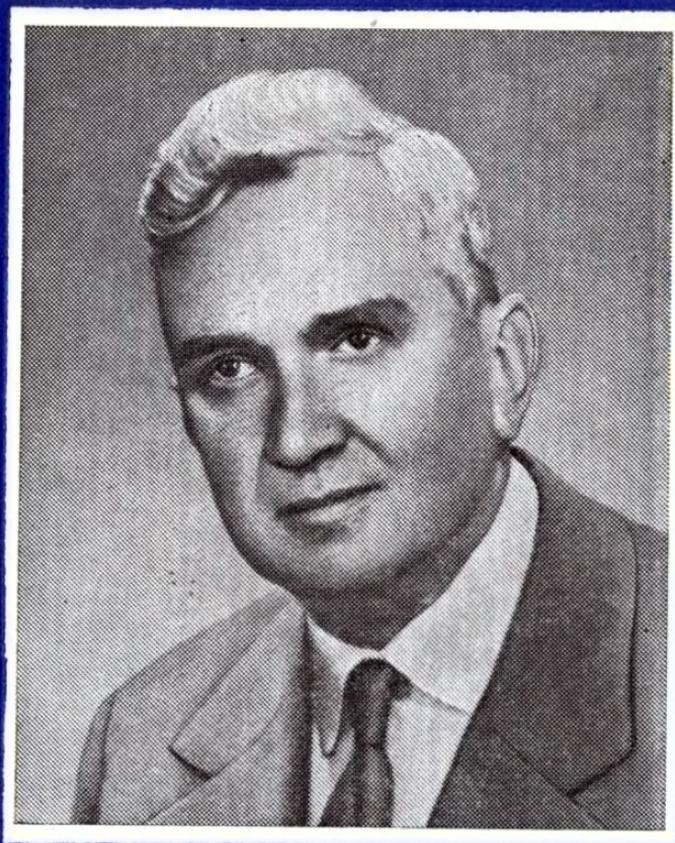
Цена 70 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Наука»

117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., 90

2-я типография издательства «Наука»

121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6



Л. К. Овчинникова, В. М. Швеу

**Александр Михайлович
ОВЧИННИКОВ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ВЫХОДИТ ИЗ ПЕЧАТИ КНИГА

Гармонов И. В., Пантелеев И. Я., Славянов В. Н.

НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ СЛАВЯНОВ

1878—1958

8 л. 65 к.

В книге освещается жизнь и деятельность крупного советского ученого-гидрогеолога, члена-корреспондента АН СССР **Николая Николаевича Славянова**. Открытые им источники минеральных вод в Железноводске, в том числе названный его именем (Славяновский источник), получили широкую известность. Для гидрогеологов, гидрохимиков, курортологов и всех интересующихся историей отечественной науки.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазинов «Книга — почтой» «Академкнига»:
480091 **Алма-Ата**, 91, ул. Фурманова, 91/97; 370005 **Баку**, 5, ул. Джапаридзе, 13; 320093 **Диспропетровск**, проспект Ю. Гагарина, 24; 734001 **Душанбе**, проспект Ленина, 95; 252030 **Киев**, ул. Пирогова, 4; 277012 **Кишинев**, проспект Ленина, 148; 443002 **Куйбышев**, проспект Ленина, 2; 197345 **Ленинград**, Петрозаводская ул., 7; 220012 **Минск**, Ленинский проспект, 72; 117192 **Москва**, В-192, Мичуринский проспект, 12; 630090 **Новосибирск**, Академгородок, Морской проспект, 22; 620151 **Свердловск**, ул. Мамина-Сибиряка, 137; 700187 **Ташкент**, ул. Дружбы народов, 6; 450059 **Уфа**, 59, ул. Р. Зорге, 10; 720001 **Фрунзе**, бульвар Дзержинского, 42; 310078 **Харьков**, ул. Чернышевского, 87.

70 коп.