ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ (ВСЕГИНГЕО)

Секретно

Экз. № 27

БОРОНОСНОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СССР

СБОРНИК СТАТЕЙ

4 с
24/II-61 г.

Москва — 1965

370

Государственный геологический комитет СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ (ВСЕГИНГЕО)

БОРОНОСНОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СССР

Сборник статей

Москва 1965



Редакционная коллегия
А.В. Щербаков (отв.редактор), Л.С. Зайцев,
С.С. Крайнов

Литературный редактор Т.И. Матис
Технический редактор А.П. Жаркова
Корректор Т.А. Иванова

5/VIII-1965г. Зак./27-с Тираж 150 экз.

Типография ВИА имени В.В.Куйбышева

Предисловие

Бор имеет большое значение в самых разнообразных отраслях промышленности, медицине и сельском хозяйстве. В будущем его роль, особенно в современной технике, возрастет еще больше.

Актуальная задача геолого-разведочных и научно-исследовательских организаций СССР - ускорить поиски, разведку и ввод в эксплуатацию новых борных месторождений. При решении этой задачи большого внимания заслуживают подземные бороносные воды, так как в отдельных районах Советского Союза они характеризуются высоким содержанием бора (до 1-2 г/л и выше), значительными геологическими запасами и могут служит объектом для специальной добычи этого элемента.

Известно также, что подземные воды, кроме бора, содержат и другие полезные элементы - йод, барий, бром, калий, литий, стронций и др., которые попутно с бором могут использоваться как комплексное сырье для химической промышленности.

Гидрогеологические исследования на бор должны проводиться в два этапа. В начальный этап гидрогеологических исследований все минеральные источники, воды и рассолы буровых скважин и соляных озер должны систематически опробоваться на бор. Если сами по себе эти воды и рассолы не окажутся объектами добычи бора, то в ряде случаев они могут служить поисковым признаком для нахождения коренных месторождений бора. Последующим этапом гидрогеологических исследований на бор является выяснение природы месторождений подземных бороносных вод и рассолов в связи с особенностями их формирования и размещения. В этом случае нужно учитывать геолого-структурные, фациально-литологические, гидрогеологические, геохимические и другие условия.

Оценка перспективности водного месторождения должна всегда производиться с учетом содержания бора в подземных водах, а также стабильности и величины их дебита. На этих, наиболее существенных, показателях должны основываться поиски, разведка и эксплуатация водных месторождений бора. Поэтому изучение закономерностей распределения бора в подземных водах различных генетических типов и их дебитов имеет первостепенное значение.

В том случае, когда в пределах площади распространения водоносного комплекса или горизонта на отдельных участках имеются подземные воды, отвечающие требованиям промышленности по содержанию бора, запасам, технологическим свойствам и другим экономическим при-

знаками, эти участки можно называть "месторождениями подземных бороносных вод". При этом необходимо учитывать и экономические условия, так как может оказаться, что на ряде участков организовывать эксплуатацию подземных вод по экономическим признакам нецелесообразно.

В настоящий сборник включены статьи, освещающие новейшие сведения об основных типах, закономерностях распределения и образования подземных бороносных вод СССР.

В статье И.К.Зайцева на основе большого фактического материала рассматриваются особенности размещения подземных бороносных вод в артезианских бассейнах территории СССР. Наглядно показана роль галогенных фаций в процессе обогащения подземных вод бором. Статья сопровождается сводной гидрохимической картой СССР.

В статье В.В.Красинцевой и А.В.Щербакова приводятся новые данные о бороносности поровых растворов и пластовых вод Предкавказья и Юго-Восточного Прикаспия. Авторы приходят к выводу, что поровые растворы глинистых толщ не могут рассматриваться в качестве основного источника повышения концентраций бора в подземных водах. Интенсивное обогащение этих вод бором происходит уже после перехода поровых растворов в водоносные коллектора, как результат диффузионного выщелачивания из боросодержащих горных пород, галогенных образований и реагирующих органических веществ при благоприятных геотермических и геохимических условиях.

В последующих статьях сборника рассматриваются подземные бороносные воды и рассолы различных химических типов Малого Кавказа (С.Р.Крайнов и М.Х.Королькова), Предкавказья (К.Е.Питьева и И.Г.Киссин), Западной Украины (Г.А.Голева), северной части Русской платформы (В.И.Гуревич), Волго-Уральской области (Л.В.Славянова и А.Б.Воронов), Восточной Сибири и Средней Азии (Л.С.Зайцев) и Таджикской депрессии (Л.С.Балашов и В.П.Стрепетов). В этих статьях применительно к конкретным природным условиям указанных территорий приведены факторы, влияющие на обогащение подземных вод бором. Кроме того, намечены дальнейшие пути развития гидрогеологических работ с целью поисков и разведки месторождений подземных бороносных вод по отдельным районам и участкам.

В целом сборник содержит существенно новый фактический материал по подземным бороносным водам территории СССР и представляет интерес для специалистов, занимающихся поисками, разведкой и эксплуатацией месторождений борного сырья и подземных вод промышленного значения.

И.К.Зайцев
(ВСЕГЕИ)

НЕКОТОРЫЕ РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БОРОНОСНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ СССР

В 1962 г. под руководством автора настоящей статьи была составлена "Карта подземных промышленных вод СССР" в масштабе 1:5000000 и написана объяснительная записка к ней. В этой работе приняли участие сотрудники ВСЕГЕИ, ВСЕГИНГЕО и большинства территориальных научно-исследовательских институтов и геологических управлений МГ и ОН.

Карта и объяснительная записка к ней освещают общие закономерности распространения подземных промышленных вод на территории СССР, в том числе бромных, йодных, борных, калиевых, галитовых и др., в объеме данных, которые удалось выявить к началу составления указанной работы (1961 г.).

При составлении настоящей статьи и прилагаемой к ней "Карты распространения бороносных вод на территории СССР" за основу взяты указанные выше материалы.

В статье кратко рассмотрены только основные региональные закономерности распространения бороносных подземных вод на территории СССР, так как вопросы геохимии и условия миграции бора в природных водах освещены в других статьях настоящего сборника.

Изученность бороносных вод СССР

Изученность региональных закономерностей распространения бороносных подземных вод на территории СССР, как и вообще промышленных подземных вод, пока сравнительно слабая. Она позволяет лишь наметить самые общие закономерности распространения этих вод, за исключением нескольких сравнительно небольших районов, где производится промышленная добыча йодных и бромных вод и где в комплексе с ними изучались и бороносные воды.

О составе и закономерностях распространения бороносных вод на большей части территории СССР можно судить на основании разрозненных, часто случайных и разнохарактерных сведений, которые накап-

ливаются в связи с изучением лечебных вод, бромных и йодных промышленных вод. Особенно много таких данных получено при изучении нефтегазоносности. Несмотря на большие недостатки гидрогеологического опробования разведочных скважин на нефть, неполноту гидрохимических анализов подземных вод, в настоящее время все же имеется значительное количество данных по крупным регионам. К таким сравнительно хорошо изученным регионам относятся Волго-Уральская область, Предкарпатье, отдельные районы Краснодарского и Ставропольского краев, Кавказа, Апшеронского п-ова, Средней Азии (Туркмении и Узбекистана), Западной и Восточной Сибири (южные части Западно-Сибирской и Восточно-Сибирской платформы), Камчатки и Курильских островов.

Однако по этим регионам имеются весьма разнохарактерные материалы, больше характеризующие закономерности распространения йодоносных и бромоносных вод, чем бороносных. Эти данные неоднократно обобщались по отдельным крупным регионам или при оценке нефтегазоносности территорий (В.А.Сулин, 1948 г., Н.К.Игнатович, 1944-1948 гг.; Г.М.Сухарев, 1954-1959 гг.; М.А.Гатальский, 1954 г.; В.А.Кротова, 1956-1962 гг. и др.), или при выяснении общих закономерностей распространения и формирования подземных вод разного типа (А.И.Силин-Бекчурин, 1949 г.; Т.Н.Афанасьев, 1956 г.; С.А.Шагоянц, 1959 г.; Л.С.Болашов, 1960 г.; А.Е.Бабинец, 1961 г.). Более полно освещены подземные воды как полезное ископаемое и главным образом как поисковый критерий на йод и бром в работах М.П.Толстого (1940-1946гг), А.А.Смирнова (1946 г), А.В.Щербакова (1946-1956 гг.), Б.А.Бедера (1949-1960 гг.), а также в статьях других исследователей.

В 1954-1957 гг. группа гидрогеологов ВСЕГЕИ (Б.Н.Архангельский, Е.Е.Белякова, М.С.Гуревич, И.К.Зайцев, М.П.Распопов и др.) под руководством И.К.Зайцева составила гидрохимические карты в масштабе 1:5000000 вначале для Сибири и Дальнего Востока (1955 г.), а затем и для всей территории СССР (1957 г.). На этих картах, а также в объяснительных записках к ним была сделана первая попытка комплексного освещения подземных вод как полезного ископаемого и как поискового критерия на другие полезные ископаемые.

Большая сводная работа по описанию йодных и бромных вод Европейской части СССР и Закавказья была выполнена в 1958 г. коллективом гидрогеологов разных учреждений под общим руководством Н.А.Плотникова. В ней приняли участие С.С.Бондаренко, М.А.Гатальский,

Б.Н.Любомиров, Н.В.Овчинников, А.И.Поливанова, А.А.Смирнов, М.П. Толстой, М.Ф.Шевяков, А.В.Щербаков. Однако и в этой работе уделено главное внимание йодным и бромным водам.

Из работ, посвященных выяснению гидрогеохимии бора в подземных водах можно назвать лишь несколько работ: В.Г.Хлопина (1923 г.); Н.В.Тагеева (1934-1943 гг.); В.А.Сулина (1934-1948 гг.); М.Г.Валяшко (1953 г.); А.В.Щербакова (1961 г.) и др. Работа А.В.Щербакова в этом отношении является наиболее разносторонней сводкой по гидрогеохимии, закономерностям распространения и методике исследования бороносных вод.

Последней работой, в которой сведены имеющиеся данные о промышленных водах всей территории СССР, в том числе и бороносных, является "Карта подземных промышленных вод СССР" и объяснительная записка к ней, о которых упоминалось в начале настоящей статьи.

Степень минерализации и бороносность подземных вод и рассолов

Имеющиеся данные показывают, что закономерности накопления и распространения бора в природных водах определяются многими факторами, но в первую очередь теми же, что и распространение подземных вод разной минерализации и химического состава, так как между последними и концентрацией бора существует довольно четкая взаимосвязь. Основными из этих факторов являются геологическое строение соответствующих регионов, геоструктурное их положение, фациальный состав пород, характер и возраст вулканической деятельности, палеогеографические и современные физико-географические условия. Не останавливаясь здесь на выяснении роли и значения каждого из названных факторов, отметим только, что наиболее общим проявлением результатов сложного их взаимодействия на протяжении длительной истории геологического развития соответствующих регионов является гидрохимическая зональность природных вод вообще и бороносных в частности.

Для того чтобы наиболее полно выявить региональные закономерности распространения бороносных вод целесообразно различать по степени минерализации следующие группы и подгруппы природных вод:

группа пресных вод (минерализация до 1 г/кг);

группа соленых вод (минерализация до 35 г/кг) с подгруппами:

солоноватых (до 3 г/кг), слабо соленых (до 10 г/кг), сильно соленых (до 35 г/кг);

группа рассолов (минерализация больше 35 г/кг) с подгруппами: весьма слабых рассолов (до 70 г/кг), слабых рассолов (до 140 г/кг), крепких рассолов (до 270 г/кг), весьма крепких рассолов (до 350 г/кг), сверх крепких рассолов (больше 350 г/кг).

Части геологического разреза, характеризующиеся распространением указанных групп подземных вод и рассолов, рассматриваются нами в качестве гидрохимических зон, а подгрупп – в качестве подзон. Гидрохимические зоны и подзоны в вертикальном разрезе земной коры сменяют друг друга в разной последовательности и в разных сочетаниях.

Участки литосферы, характеризующиеся одинаковой гидрохимической зональностью, рассматриваются в качестве гидрохимических поясов. В соответствии с этим на территории СССР можно выделить несколько гидрохимических поясов, из которых основными являются: пояс пресных вод, пояс пресных и соленых вод, пояс пресных, соленых вод и рассолов. Размещение названных поясов в пределах СССР показано на прилагаемой карте.

Гидрохимический пояс пресных вод занимает большую часть горно-складчатых областей и окраины артезианских бассейнов. В пределах этого пояса преобладают пресные подземные воды с минерализацией до 1 г/кг. В гумидных областях распространены преимущественно кислородно-азотные гидрокарбонатные кальциевые и натриевые воды, а в аридных – кислородно-азотные разного ионного состава, но с отчетливым преобладанием гидрокарбонатных и сульфатно-хлоридных.

Воды этого пояса характерны для хорошо промытых частей геологического разреза. Мощность зоны пресных вод и соответствующего ей пояса изменяется от нескольких десятков до нескольких сотен метров в пределах артезианских бассейнов, и от нескольких сотен до тысяч метров в пределах гидрогеологических массивов.

Гидрохимический пояс пресных вод на большей части своего размещения в основном бесперспективен в отношении промышленных вод, в том числе и бороносных. Однако в пределах этого пояса в отдельных районах многих складчатых областей широко распространены есте-

ственные источники минеральных лечебных вод, различные по температуре, солевому и газовому составу, не свойственные гидрохимической зоне пресных вод. Эти источники питаются водами, поднимающимися с больших глубин по тектоническим разломам, что свидетельствует о наличии на глубине (ниже зоны пресных вод) солоноватых и слабо соленых вод специфического состава. Закономерности распространения этих вод на глубине еще не ясны, вследствие недостаточной изученности складчатых областей. Однако можно предполагать, что они также подчиняются определенной зональности, характер которой еще подлежит выяснению. Не останавливаясь здесь на характеристике источников минеральных лечебных вод, отметим только, что районы их распространения можно подразделить на несколько групп, кратко охарактеризованных ниже.

Районы распространения термальных сернисто-углекислых, углекислых и азотноуглекислых вод разного ионного состава областей современного вулканизма. Общая минерализация этих вод обычно не превышает 3–7 г/кг, но иногда достигает 20–25 г/кг. Эти воды весьма широко распространены на Курильских островах и в юго-восточной части Камчатки. Формирование их тесно связано с процессами современной вулканической деятельности. Для данных вод характерны весьма высокие температуры, нередко наличие в химическом составе свободной серной и соляной кислот и сравнительно высокое содержание бора, алюминия, железа, фтора и других элементов.

Районы термальных азотных преимущественно натриевых вод разного анионного состава. Общая минерализация вод до 1–3 г/кг, редко больше. Они характерны как для молодых складчатых областей, так и для древних, но обновленных интенсивными вертикальными тектоническими движениями в кайнозойское время. Источники этих вод связаны с крупными тектоническими разломами и образуют "термальные линии" значительной протяженности. К таким областям относятся побережье Охотского моря, Забайкалье, Алтай, Тянь-Шань, Кавказ и другие.

Районы термальных азотных хлоридных натриевых и кальциево-натриевых вод. Минерализация их до 15–35 г/кг. Они характерны для Чукотского полуострова и Тихоокеанского пояса кайнозойской складчатости.

Районы холодных углекислых гидрокарбонатных и сульфатно-гидрокарбонатных преимущественно магниево-кальциевых. Преобладает ми-

нерализация до 3 г/кг, редко больше. Эти воды широко распространены в складчатых областях Забайкалья, на Сихотэ-Алине, Бол.Кавказе и в других областях.

Районы углекислых вод разной температуры и состава. Общая их минерализация редко превышает 3 г/кг. Они связаны с областями молодого вулканизма в пределах Закавказья, Карпат, Памира, Камчатки и др. Отдельные выходы углекислых вод известны также в пределах Украинского кристаллического щита (ст.Хмельник). Вообще же гидрогеологические массивы древних складчатых областей, таких как Уральская, Центрально-Казахстанская, Енисейская, Анабарская, Алданская и другие характеризуются почти полным отсутствием термальных и холодных источников минеральных вод, в том числе и бороносных.

Таким образом, только в пределах молодых складчатых областей установлены подземные воды с повышенным и высоким содержанием бора. К таким областям относятся Кавказ, Камчатка и Курильские острова. На южных склонах Бол.Кавказа известно несколько источников и скважин (по данным М.И.Врублевского, Б.В.Вощадзе и С.Р.Крайнова), вода которых содержит от 0,067 до I,8 г/кг бора (в пересчете *на* борный ангидрид) при общей минерализации воды от 3 до I3,I г/кг. По составу воды гидрокарбонатные натриевые и хлоридные натриевые.

На Камчатке отмечено много термальных источников с минерализацией воды от 0,8 до 3,2 г/кг и содержанием бора до 0,009-0,090 г/кг. С такой концентрацией бора известны источники на Курильских островах (Парамушир и Кунашир).

Имеющиеся данные о бороносности гидрохимического пояса пресных вод позволяют сделать вывод о том, что более или менее значительные концентрации бора (больше 0,050 г/кг) в пресных водах (минерализация до I г/кг) пока нигде не зарегистрированы. Отмеченные же пункты повышенной концентрации бора связаны со слабо солоноватыми и соленными водами, т.е. с водами других гидрохимических зон, которые расположены или в более глубоких частях разреза гидрогеологических массивов (источники, приуроченные к тектоническим разломам) или в пределах нагорных и межгорных сравнительно небольших артезианских бассейнов, т.е. связаны с *другими гидрохимическими поясами*.

Следует отметить, что микрокомпонентный состав минеральных источников, так же как и других вод гидрогеологических массивов изучен еще очень слабо и в настоящее время преждевременно оконча-

тельно судить о перспективности этих вод, в отношении промышленной концентрации в них бора.

Гидрохимический пояс пресных и соленых вод широко распространен в периферических частях почти всех артезианских бассейнов, особенно широко в пределах Западно-Сибирской низменности, в Тургайской впадине и в Приаралье. На Русской платформе он широкой полосой тянется вдоль западной окраины Прибалтийского артезианского бассейна, окружает Воронежское и Белорусское поднятие фундамента, а также Украинский кристаллический массив. Обширные площади этим поясом заняты в южной, западной и юго-восточной частях Западно-Сибирского артезианского бассейна, в Тургайской впадине и обширных районах юго-восточного Приаралья. В пределах складчатой области Центрального Казахстана этот пояс охватывает Джезказганский, Карагандинский, Алакуль-Балхашский и другие более мелкие артезианские бассейны. В Сибири и на Северо-Востоке СССР пояс пресных и соленых вод широко развит в Кузнецкой впадине, в многочисленных межгорных впадинах Забайкалья, на обширной площади Яно-Индигирского артезианского бассейна и в других местах.

В пределах этого пояса развиты две гидрохимические зоны: пресных вод в верхней части разреза и соленых вод – в нижней. Мощность той и другой зоны сильно меняется в разных бассейнах, но в большинстве случаев мощность зоны соленых вод значительно превышает мощность зоны пресных вод.

По химическому составу воды зоны пресных вод артезианских бассейнов разнообразны, с отчетливо выраженной широтной зональностью. В гумидных областях распространены преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, в областях умеренного увлажнения – гидрокарбонатные, сульфатные и реже хлоридные; в аридных областях – преимущественно сульфатные и хлоридные, реже гидрокарбонатные.

В зоне соленых вод преобладают хлоридные натриевые, среди которых сравнительно часто встречаются гидрокарбонатные и сульфатные, преимущественно натриевые. Эти воды в отдельных районах характеризуются повышенным содержанием бора (от 0,050 до 0,100 мг/кг) при одновременном высоком содержании йода (до 0,030–0,040 мг/кг) и сравнительно низким содержанием брома (меньше 0,150 г/кг). К таким районам относятся Азово-Кубанский и другие артезианские бассейны Предкавказья, а также значительная часть западной половины Западно-

Сибирского артезианского бассейна. В Азово-Кубанском и других бассейнах Предкавказья соленые воды с повышенным содержанием бора связаны с палеогеновыми и неогеновыми отложениями, а в Западно-Сибирском – с меловыми и юрскими. Причем к этим же отложениям приурочены богатейшие месторождения нефти и газа. Таким образом, генетическая связь бор-йодных соленых вод с молодыми отложениями морского происхождения, богатыми органическим веществом в указанных регионах достаточно очевидна.

В заключение следует отметить, что в Предкавказье и Западно-Сибирском бассейне бор-йодные соленые воды в глубоких частях разреза районов их распространения являются термальными (температура до 70 – I00°С и больше). Они могут быть использованы не только для извлечения бора и йода, но также и для целей теплофикации и других нужд народного хозяйства, что повышает их промышленную ценность.

Гидрохимический пояс пресных, соленых вод и рассолов занимает большую часть Восточно-Европейской и Сибирской платформы, а также обширные районы в пределах Сибирской и Туранской платформенных плит. Кроме того, он развит в центральных частях многих межгорных и предгорных артезианских бассейнов складчатых областей Карпат, Кавказа, Казахстана, Средней Азии и Восточной Сибири.

В вертикальном разрезе этого пояса развиты гидрохимические зоны пресных, соленых вод и рассолов. Химический состав пресных и соленых вод такой же, как и в соответствующих зонах рассмотренных выше поясов. Рассолы с минерализацией 35 – 350 г/кг и больше характеризуются хлоридным составом разного катионного состава, но преимущественно *натриевого, кальциево-натриевого и натриево-кальциевого*, реже калиево-или магниево-кальциевого.

Формирование рассолов разнообразно. Поверхностные рассолы являются результатом процессов континентального засолонения в условиях аридного климата, что характерно для южных районов СССР, где они формируются в водоемах, имеющих ту или иную связь с морем (Кара-Богаз-Гол и др.), в многочисленных бессточных понижениях (соленые и самосадочные озера, соры и др.), в самой верхней части геологического разреза бессточных впадин (грунтовые воды Прикаспийской, Кура-Араксинской, Чуйской и других впадин). В поверхностных условиях

Таблица I

Данные о бороносности рассолов артезианских бассейнов Северо-Западной, Северной и Центральной части Восточно-Европейской платформы (по данным Б.Н.Архангельского, В.И.Гуревича и др.)

Артезианский бассейн и местонахождение скважин	Возраст водоносных пород	Глубина опробования, м	Сумма минерализации, г/кг	Содержание, г/кг		
				B_2O_3	Br	J
Прибалтийский						
Пренай	Cm_1+A	730	99	0,014	0,25	0,001
Стонишкот	$Cm-O$	1980	148	0,082	0,542	0,001
Валдай	Cm_1	1450	162	0,023	0,425	0,0
Северо-Двинский						
Нёнокса	Pt_3	380	112	0,0005	0,101	0,004
Яренск	C_2	1250	172	0,003	0,516	0,029
Московский						
Тамбов	D_2	840	96	0,001	0,196	0,003
Щелково	D_2	860	120	0,031	0,314	Нет сведений
Вятка	Cm_1	1500	200	0,074	0,420	0,002
Поварово	Cm_1	1600	213	0,004	0,325	0,005
Редкино	Cm_1	1530	217	0,02	0,275	0,002

имеются не только хлоридные, но также сульфатные и гидрокарбонатные (содовые) рассолы.

Подземные рассолы в значительной мере являются продуктом выщелачивания и растворения солей и разбавления маточных рассолов древних солеродных бассейнов, сформировавшихся в разные геологические эпохи на поверхности земли, а затем погребенных вместе с включающими их отложениями. В других случаях они являются в разной степени измененной рапой древних солеродных бассейнов, просочившейся в нижние части геологических разрезов соответствующих впадин и там сохранившейся до наших дней. Формирование подземных рассолов тесно связано с солеродными бассейнами разных эпох. Вследствие того, что эти бассейны формировались в различных условиях питания и прекращали свое существование на разных стадиях концентрирования рапы и солеобразования, то и подземные рассолы, связанные своим происхождением с рапой и солями таких бассейнов, имеют неодинаковую минерализацию, химический состав и концентрацию бора.

Ниже приводится краткая характеристика бороносности рассолов по отдельным артезианским бассейнам, расположенным в пределах рассматриваемого гидрохимического пояса.

I. Прибалтийский, Северо-Двинский и Московский артезианские бассейны занимают северо-западную, северную и центральную часть Русской платформы. Геологический разрез этих бассейнов сложен терригенными, карбонатными и на отдельных участках галогенными отложениями, преимущественно палеозойского возраста. Подчиненное значение имеют мезозойские и четвертичные породы.

В глубоких частях геологического разреза распространены рассолы с минерализацией 35 - 270 г/кг (на отдельных участках и больше) преимущественно хлоридного натриевого и кальций-натриевого состава. В отношении бороносности рассолы изучены слабо. Имеющиеся отрывочные сведения позволяют предполагать, что в большинстве случаев концентрация бора в подземных рассолах обычно меньше 0,050 г/кг и только в отдельных точках немного больше (табл.I).

Сведения о бороносности Печорского артезианского бассейна отсутствуют, однако наличие в геологическом разрезе этого бассейна на отдельных участках галогенных формаций позволяет предполагать, что и концентрация бора в подземных рассолах на таких участках мо-

Таблица 2

Данные о бороносности рассолов Волго-Камского артезианского бассейна

(по данным М.А.Гатальского, В.А.Кротовой, Н.А.Плотникова, Л.В.Славяновой, Н.И.Сырица и др.)

Район	Возраст водоносных пород	Глубина опробования, м	Сумма минерализации, г/кг	Содержание, г/кг		
				B_2O_3	Br	J
Пермское Приуралье	P_{1+2}	280-719	49-260	0,008-0,310	0,043-1,60	0,004-0,073
	C_1-C_3	714-1604	93-268	0,016-0,415	0,186-1,152	Следы-0,023
	D_2+D_3	1339-2989	80-250	0,018-0,0057	0,616-1,700	0,018-0,057
Башкирское Приуралье	P_{1+2}	120-1120	97-270	0,015-1,220	0,021-2,540	0,002-0,062
	C_{1-3}	530-1784	88-264	0,018-0,145	0,10 -1,570	0,001-0,015
	D_{2+3}	1526-1864	192-245	0,005-0,400	0,480-2,00	0,003-0,031
	$Cm-D_1$	1977-2220	190-220	0,025-0,033	0,74-1,00	0,006-0,009
Куйбышевское Заволжье	C_{1+2}	540-1628	78-235	0,048-0,120	0,2 -0,7	0,001-0,012
	D_3	1756-2449	202-267	0,014-0,465	0,272-1,48	0,003-0,014
	$Cm-D_1$	2248-2520	203-261	0,002-0,021	0,77-0,98	0,005-0,014
Северо-Западная часть бассейна (Токмовский свод, Казанская седловина, Средне-Русская впадина, Вятская зона)	C_{1-3}	160-1020	60-195	0,007-0,350	0,07-0,383	Следы-0,010
	D_{2+3}	803-2063	138-218	До 0,032	0,150-0,800	Следы-0,011

жет оказаться повышенной.

2. Волго-Камский артезианский бассейн занимает восточную часть Русской платформы. Рассолы этого бассейна в отдельных районах содержат повышенное и высокое количество бора (табл.2) при высоком содержании брома, а иногда и йода.

Наиболее высокое содержание бора (до I,22 г/кг) отмечено в рассолах Кунгурского яруса на юго-востоке бассейна и в сакмаро-артинских рифовых известняках (до I г/кг) в Предуральском прогибе (по Л.В.Славяновой). Содержание бора до 0,4-0,5 г/кг отмечено в рассолах нижнепермских, каменноугольных и девонских отложений многих районов.

Закономерности распространения бора в пределах Волго-Камского бассейна еще недостаточно выявлены, вследствие слабой изученности бороносности рассолов. Можно лишь отметить, что наиболее высокие концентрации его, по имеющимся данным, приурочены к рассолам пермских отложений, с которыми связаны мощные гипс-ангидритовые и соленосные формации.

3. Прикаспийский артезианский бассейн занимает юго-восточное окончание Русской платформы, которое представляет собой область глубокого погружения кристаллического фундамента (до 8-I5 км, возможно, больше). В геологическом строении бассейна принимают участие мощные толщи терригенных и карбонатных пород верхнепалеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста, причем, среди первых весьма широко распространены соленосные отложения. Вся эта громадная толща пород почти от самой дневной поверхности насыщена рассолами разной концентрации и химического состава. Бороносность рассолов изучена еще слабо, но имеющиеся отрывочные сведения показывают, что она в большинстве исследованных пунктов незначительна и только иногда достигает большой величины (табл.3).

Наибольшая концентрация бора отмечена в рассолах челкарской скважины, вскрывшей соленосные отложения. Эти же рассолы содержат брома до 6,2 г/кг. Учитывая геологическое строение Прикаспийского артезианского бассейна, в частности наличие в его разрезе мощных соленосных отложений, бороносных в отдельных районах, можно предполагать, что рассолы с высоким содержанием бора в этом бассейне распространены более широко, чем это установлено имеющимися, еще весь-

5476

Таблица 3

Данные о бороносности рассолов Прикаспийского артезианского бассейна
(по данным В.П.Колпакова, Н.Г.Кнышенко, М.П.Распопова, В.Б.Торгвановой, В.П.Якузяни и др.)

Район	Возраст водоносных пород	Глубина залегания водоносных пород, м	Сумма минерализации, г/кг	Содержание, г/кг		
				B_2O_3	Br	J
Северный прогиб вала Карпинского	C_{T_1}	930-2860	6I-I34	0,I27-0,I29	0,06I-0,I9I	0,004-0,08I
Междуречье Волги и Урала	J + C_{T_1}	720-I050	I02-I40	До 0,045	0,056-0,I20	0,002-0,0I0
	PT	До 900	280-300	0,0I8-0,I80	0,090-0,II5	-
	P	850-2536	I72-32I	0,I50-I,50	0,038-6,20	До 0,0I9
Южная часть Предуральского краевого прогиба	J_2	2I-74	0,7-4	0,002-0,004	Нет сведений	
	P_1 (кунг.)	9I2-2I00	263-272	0,0I6-0,I60	0,05-0,090	0,00I-0,020
	P_1 (арт.)	0,500-2I00	II-I20	0,0I6-0,073	0,034-0,095	0,0I9-0,043
	P_1 (сакм.)	I300-2480	I5-34	0,032-0,096	0,060-0,084	0,030-0,034
Предуральское меловое плато	J_2	I58-502	I2-40	0,003-0,028	0,003-0,004	Нет сведений
	P_1 + PT	II6-I0I5	37-230	Сл.-0,064	0,004-0,230	Следы-0,008
Южно-Эмбинская нефтяная область	P_9	95-220	3I-89	0,0I6-0,067	0,I06-0,247	0,002-0,004
	C_{T_1+2}	25-I788	I0-250	0,002-0,I09	0,003-0,350	0,0 - 0,0I5
	J_{1+3}	II7-24I5	I0I-222	0,0-0,090	0,035-0,690	Следы-0,007
	P_2	I67-2850	III-26I	0,007-0,055	0,073-0,360	Следы-0,008
	C_1	2360-2960	I46-I78	0,02I-0,023	0,I24-0,I62	Следы-0,003

Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт геологических наук АН Арм.ССР
Центральная библиотека

Таблица 4

Данные о бороносности рассолов артезианских бассейнов юго-западной части Восточно-Европейской платформы (по данным А.Е.Бабинца, Т.А.Голевой, Д.Я.Стерлина и др.)

Бассейн	Возраст водоносных пород	Глубина залегания водоносных пород, м	Сумма минерализации, г/кг	Содержание, г/кг		
				B_2O_3	Br	J
Припятский	C_1	2000	237	0,013	0,482	0,009
	D_3	2200-2690	248-334	0,007-0,074	0,195-1,93	Следы-0,073
Днепровский	P	1938-1867	149-191	0,011-0,019	0,152-0,263	Следы
	C	705-3038	10,2-255	0,09-0,033	0,017-0,328	Следы-0,087
	D	1320-1345	12,50-209	0,013-0,023	0,161-0,261	0,003-0,005
Донецко-Донской	P_9	537-548	41	0,012	0,068	0,007
	Cr_2	642-1222	29-40	0,041-0,176	0,086-0,139	0,001-0,007
	Cr_1	902-2520	19-54	Следы-0,130	0,040-0,091	0,008-0,015
	S	854-972	37-51	0,003-0,028	0,101-0,112	Следы-0,003
	Cm	1206	81	0,029	0,175	0,001
Львовский	N	520-1152	16-23,1	0,091-0,123	0,078-0,230	0,035-0,049
	Cr_2	1236-1386	111	0,074	0,210	0,035
	J_2	1127-2208	110-127	0,179-0,196	0,002-0,260	0,018-0,023

ма незначительными данными.

4. Артезианские бассейны Днепровско-Донской впадины (Припятский, Днепровский) сложены в основном терригенными, карбонатными и галогенными отложениями палеозойского возраста. В верхней части разреза преобладают породы мезозойского и кайнозойского возраста. Глубина погружения кристаллического фундамента до 5 - 7 км, а возможно, и больше. В нижней части геологического разреза повсеместно отмечены крепкие и весьма крепкие рассолы, хлоридного кальциево-натриевого состава, бороносность которых изучена еще весьма слабо.

Имеющиеся отрывочные данные показывают, что в изученных пунктах концентрация бора в рассолах сравнительно небольшая (табл.4).

Наиболее высокая концентрация бора отмечена в Припятском бассейне в рассолах Куставницкой площади (до 0,074 г/кг) и в Днепровском бассейне (до 0,033 г/кг), в Донецко-Донском бассейне в каменноугольных отложениях Балаклая Изюмского района достигает 0,118 г/кг. Однако имеющихся данных еще недостаточно для того, чтобы составить более или менее правильное представление о бороносности рассолов Днепровско-Донецкой впадины. Учитывая геологическое строение описываемого региона, можно предполагать, что бороносность рассолов отдельных районов может оказаться более высокой, чем зафиксированная до настоящего времени.

5. Причерноморский и Львовский артезианские бассейны расположены на юго-восточной окраине Восточно-Европейской платформы. Они сложены терригенными и карбонатными породами палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста, общей мощностью до 2,5 - 3,0 км, причем, большая часть разреза приходится на мезозойские и кайнозойские отложения. Среди неогеновых отложений Львовского бассейна (Предкарпатье) широко развиты соленосные и гипс-ангидритовые породы.

6. Азово-Каспийская система артезианских бассейнов расположена в пределах Скифской платформы и Предкавказского предгорного прогиба. Сюда входят Азово-Кубанский, Терско-Кумский, Дагестанский бассейны, а также межгорные артезианские бассейны передовых хребтов Кавказа. В геологическом строении этих бассейнов преобладают терригенные отложения мезозойского и кайнозойского возраста. Часть этих бассейнов, как указывалось выше, расположена в гидрохимическом поясе пресных и соленых вод (Азово-Кубанский и отдельные районы других

бассейнов), большая же часть в гидрохимическом поясе пресных, соленых вод и рассолов.

Особое внимание привлекают соленые воды и рассолы Азово-Кубанского артезианского бассейна, где концентрация бора достигает 0,3 - 0,78 г/кг, при высоком содержании йода (до 0,080-0,120 г/кг). Высоким содержанием бора и йода характеризуются воды и других артезианских бассейнов Предкавказья (см.табл.5).

7. Межгорные артезианские бассейны Кавказской складчатой области имеют разнообразное геологическое строение и, как следствие, гидрогеологические условия. Для гидрогеологических массивов Кавказа характерны пресные воды, а для межгорных артезианских бассейнов пресные соленые воды и рассолы с минерализацией до 70-140 г/кг, а в отдельных районах и до 200 г/кг. Бороносность этих вод и рассолов изучена еще слабо, но имеющиеся отрывочные данные показывают, что она на отдельных пунктах значительна (табл.6).

Наиболее полно бороносность подземных вод и рассолов изучена на Апшеронском полуострове, причем наибольшей концентрации (0,190 - 1,950 г/кг) бор достигает в водах Сиазан-Кардаренской скважины Прикаспийско-Кубанского района и в скважинах Биби-Эбатской разведочной площади Апшерона (до 0,620 г/кг). Причем, в том и другом пункте бороносные воды одновременно содержат и высокое количество йода, что повышает их промышленную ценность.

Другие бассейны Кавказа (Рионский, большая часть Куро-Араксинского и др.) изучены еще настолько слабо, что об их бороносности судить трудно. Имеющиеся разрозненные данные показывают, что некоторые малые бассейны представляют значительный интерес вследствие высокой концентрации бора. Так, например, в Боржомском и Ахалцихском районах с отложениями палеоцен-эоценового и миоценового возраста связаны выходы минеральных вод, в которых содержание борного ангидрида достигает 0,360 - 0,470 г/кг.

В Ереванской депрессии рассолы соленосных отложений титонского возраста содержат борного ангидрита до 1,160 г/кг. Повышенное содержание бора отмечено в водах верхнеэоценовых отложений района Тбилиси (до 0,230 г/кг), Ехегисского участка (до 0,500 г/кг) и в других местах.

Принимая во внимание все эти данные, можно предполагать, что

Таблица 5

Данные о бороносности соленых вод и рассолов Азово-Каспийской системы артезианских бассейнов

(по данным С.В.Вагина, В.С.Котова, В.Н.Корценштейна, М.В.Мирошникова, В.М.Николаева, И.Я.Пантелеева, Г.М.Сухарева, М.П.Распопова)

Бассейн	Возраст водоносных пород	Глубина опробования водоносных пород, м	Сумма минерализации, г/кг	Содержание, г/кг		
				B_2O_3	B_2	J
Азово-Кубанский	N	348-2628	I,2-5I	0,0I4-0,470	0,002-0,I89	0,003-0,085
	P_g	25I-2930	2-65	0,0I0-0,780	0,004-0,200	следы - 0,I22
	Cr_{1+2}	I69-23I2	2-73	0,0I4-0,347	0,003-0,I38	следы - 0,I00
	J	308-I550	I-I47	0,0I7-0,042	0,002-0,225	следы - 0,085
	C_1	I559-I7I0	2I-23	До 0,032	До 0,050	До 0,0I0
Терско-Каспийский	N_2	I0I -I30	7-I8	следы-0,0I6	0,0I0-0,060	Нет сведений
	P_g	I38-I585	3-87	0,00I-0,257	0,005-0,290	0,00I-0,052
	Cr	465-2869	I-I00	0,006-0,405	0,003-0,I50	0,006-0,042
	C_1	I780-2020	44-67	0,II3-0,225	0,050-0,I58	0,004-0,0I2
Терско-Кумский	N	I0-600	I-22	0,00I-0,042	0,00I-0,057	следы - 0,020
	P_g	900-3052	I5-38	0,032-0,047	0,0I0-0,579	0,004-0,030
	Cr	5I2-3600	3I-I35	0,I33-0,480	0,039-0,350	0,002-0,023
Межгорные бассейны передовых хребтов (Притеречный прогиб, Дагестанская моноклиналь)	N	23-2855	I-95	0,002-0,878	0,00I-0,555	следы - 0,088
	P_g	II7-3250	I,4-7I,I	0,00I-0,306	0,00I-0,279	0,002-0,037
	Cr	I00-2960	I-69	0,002-0,450	следы-0,I70	следы - 0,038
	J	800-2473	5-77	0,0II-0,360	0,0I5-0,230	0,006-0,0I8

Таблица 6

Данные о бороносности соленых вод и рассолов межгорных артезианских бассейнов Кавказской складчатой области (по данным М.С.Агаларова, М.И.Бабанян, Р.С.Мостовлянской, В.Г.Оганесян, Г.И.Пустоваловой, Т.М.Сухарева и др.)

Бассейн и район	Возраст водоносных пород	Глубина опробования водоносных пород, м	Сумма минерализации, г/кг	Содержание, г/кг		
				B_2O_3	Br	J
Восточная часть Куринского бассейна и Апшеронский п-ов	Продуктивная толща	200-2300	14-150	0,050-0,690	0,020-0,260	0,005-0,020
Районы						
Апшеронский	То же	650-2600	6-170	0,0-0,110	0,046-0,037	0,013-0,055
Прикуринский	-"-	300-2900	8-57	0,006-0,250	0,030-0,155	0,013-0,063
Кабыстано-Шемахинский	Майкопская свита	1000-1900	7,5-23	0,007-0,057	0,09-0,139	0,014-0,031
Прикаспийско-Кубинский	То же	80-1750	21-50	0,190-0,950	0,007-0,189	0,023-0,083
Малые артезианские бассейны молассовой зоны (Алазанский, Карталинский и др.районы)	N_1	341-3060	2,4-74,6	0,055-0,411	0,006-0,141	0,010-0,077

при дальнейших, более детальных исследованиях Кавказа, будут установлены и другие пункты распространения подземных вод с повышенной бороносностью.

8. Крымская и Керченско-Таманская складчатые области в отношении бороносности почти не изучены. Однако следует отметить, что в районе севернее г.Керчи зарегистрировано несколько источников с высоким содержанием бора. В Тарханском и Сент-Элинском источниках концентрация бора достигает I,5 г/кг при содержании йода около 0,017 - 0,030 г/кг, а в Султановском источнике - бора до 2,780 г/кг при содержании йода 0,015 - 0,035 г/кг.

Скважины, пробуренные в районе указанных источников, вскрыли в чокракских отложениях воду с содержанием окиси бора I,2 г/кг и йода 0,022 г/кг. Не исключена возможность, что и в других артезианских бассейнах Керченско-Таманской и Крымской складчатых областей при дальнейших исследованиях будут обнаружены воды с повышенным и высоким содержанием бора.

9. Артезианские бассейны Карпатской складчатой области охарактеризованы в статье Г.А.Голевой, печатающейся в этом же сборнике. Поэтому, не останавливаясь на описании этого региона, отметим только, что и в Карпатской области в ряде районов установлено наличие соленых вод и рассолов с высоким содержанием бора: в районе Бучково (эоценовые отложения) до 0,527 г/кг и в районе Квасы (меловые отложения) до 0,947 г/кг. Воды этого региона в отношении бороносности изучены еще очень слабо.

I0. Восточно-Прикаспийская система артезианских бассейнов (Красноводский, Южно-Мангышлакский, Устюртский, Бузачинский) сложена мощной толщей мезозойских, преимущественно терригенных, и кайнозойских терригенных и карбонатных пород, залегающих на складчатом фундаменте палеозойского возраста. В гидрогеологическом отношении, в том числе и в отношении бороносности подземных вод, эти бассейны изучены еще слабо. Некоторые сведения имеются только для верхней части разреза указанных бассейнов, т.е. примерно до глубины II00 - - I200 м, в пределах которой господствуют соленые воды и рассолы с минерализацией до I40 г/кг.

По-видимому, в более глубоких частях артезианских бассейнов будут обнаружены крепкие, а может быть, и весьма крепкие рассолы. Име-

Таблица 7

Данные о бороносности соленых вод и рассолов западных частей Туркмении и Казахстана
(по данным Б.А.Бедера, Б.Б.Митгарц, Л.Е.Михайлова, Л.С.Соколовского, И.В.Соколова, Э.Н.Юргелянца и др.)

Бассейн и район	Возраст водоносных пород	Глубина опробования, м	Сумма минерализации, г/кг	Содержание, г/кг		
				B_2O_3	Br	J
Красноводский Районы						
Кызыл-Кум	Cr_2	256	28	0,003	0,035-0,037	0,001-0,002
Северо-Коршинский	-"-	500-570	50-73	0,010-0,015	0,078-0,170	До 0,003
Омчалы	-"-	615-1020	20-47	До 0,008	0,035-0,089	До 0,002
Кршоба	-"-	802-905	До 22	До 0,009	0,057-0,092	Нет сведений
Аджигир	-"-	602-1110	16-125	0,002-0,022	0,159-0,173	0,001-0,012
Южно-Мангышлакский	-"-	111-430	2-30	До 0,007	0,004-0,008	До 0,001
Устюртский (южная часть)	N	32-101	7-28	0,005-0,007	0,001-0,008	До 0,004
	Cr_2	510	66	0,016	0,008	0,002
Бузачинский	Cr_2	110-1000	10-70	0,010-0,028	0,011-0,347	До 0,003

ющиеся отрывочные данные о бороносности соленых вод и рассолов показывают, что в изученной части разреза бассейнов бороносность подземных вод невелика и не имеет практического значения (табл.7). Однако это не исключает возможность нахождения подземных вод с высоким содержанием бора в более глубоких частях описываемых бассейнов.

Следует отметить, что большой интерес в отношении бороносности представляют погребенные рассолы соленосных отложений Кара-Богаз-Гола. Эти рассолы заключены в пластах соли четырех горизонтов и содержат окиси бора в среднем около 0,350 г/кг, брома 0,288 г/кг. Общие запасы окиси бора в погребенных рассолах Кара-Богаз-Гола измеряются многими миллионами тонн.

II. Закаспийский (Западно-Туркменский) артезианский бассейн выполнен мощной толщей (больше 3 км) неогеновых и четвертичных отложений, залегающих на палеогеновых и меловых породах. Общая мощность осадочного чехла бассейна около 8 - 10 км. В верхней части разреза до глубины 50 - 250 м преобладают пестрые по минерализации воды (от солоноватых до крепких рассолов), которые на больших глубинах (до 600 - 2000 м) сменяются рассолами с минерализацией до 270 г/кг, под которыми залегают слабые рассолы (до 140 г/кг), затем весьма слабые рассолы (до 70 г/кг), которые в свою очередь сменяются соленными водами (20 - 35 г/кг).

Вместе с минерализацией изменяется и химический состав вод: от хлоридных кальциево-натриевых до гидрокарбонатно-хлоридных натриевых. Имеющиеся данные о бороносности Западно-Туркменского бассейна показывают, что воды и рассолы рассматриваемого бассейна характеризуются повышенным содержанием бора, йода, а иногда и брома, что создает благоприятные предпосылки для их комплексной переработки (табл.8).

Следует отметить, что ряд озер в пределах этого бассейна, питающихся водами грязевых вулканов, также характеризуются повышенной бороносностью (0,087 - 2,981 г/кг), что представляет определенный практический интерес.

12. Аму-Дарьинская система артезианских бассейнов (Южно-Приаральский, Бухаро-Каршинский, Заунгузский, Центрально-Каракумский, Бадхыз-Карабильский, Прикопетдагский) сложена мезозойскими и кайнозойскими отложениями мощностью от 2 - 5 км на приподнятых участках

Таблица 8

Данные о бороносности соленых вод и рассолов Закаспийского (Западно-Туркменского) артезианского бассейна
(по данным Б.А.Бедера, Б.Б.Митгарц, Л.Е.Михайлова, Л.С.Соколовского, В.М.Тарасова, А.В.Щербакова, Э.Н.Юргелянца и др.)

Район	Возраст водоносных пород	Глубина опробования водоносных пород, м	Сумма минерализации, г/кг	Содержание, г/кг		
				B_2O_3	Br	J
Челекен	N_2	350-2447	23 - 260	0,067-0,636	0,025-0,688	0,017-0,046
Котур-Тепе	-"-	1800-2963	16 - 160	0,082-0,543	0,050-0,493	0,020-0,034
Небит-Даг	-"-	100-2646	20 - 219	0,053-0,640	0,031-0,527	0,03 -0,056
Монжуклы	-"-	1249-2563	21 - 111	0,129-0,362	0,055-0,139	0,07 -0,041
Кызыл-Кум	-"-	929-1880	160- 229	0,037-0,174	0,305-0,576	0,012-0,034
Кум-Даг	-"-	399-1547	70- 196	0,031-0,306	0,086-0,359	0,009-0,074
Окарем	-"-	1358-3004	34- 180	0,020-0,270	0,020-0,425	0,015-0,048
Каймир	-"-	1094-1260	27- 286	0,217-0,498	0,067-0,516	0,020-0,032

Зак. 197-с

Таблица 9

Данные о бороносности соленых вод и рассолов Аму-Дарьинской системы артезианских бассейнов (по данным Б.А.Бедера, Л.Е.Михайлова, Б.Б.Митгарц, Л.С.Соколовского, И.В.Соколова, В.М.Тарасова и др.)

Бассейн	Возраст водоносных пород	Глубина опробования, м	Сумма минерализации, г/кг	Содержание, г/кг		
				B_2O_3	Br	J
Южно-Приаральский	Cr_2	II-620	0,3-20	0,0-0,079	До 0,002	До 0,003
	Cr_1	255-737	3-4	До 0,0I4	До 0,00I	Нет сведений
Бухаро-Коршинский	Cr_2	365-92I	7-20	0,004-0,038	0,003-0,058	До 0,0I2
	Cr_{1-2}	572-I490	I,6-60	0,004-0,I99	0,003-0,I74	0,0-0,008
	Cr_1	667-I880	3,3-220	0,00-0,254	0,0-0,362	0,0-0,024
	J_2	599-20I6	30-I08	До 0,074	0,008-0,466	0,003-0,025
	J_1	895-2883	42-220	0,005-0,322	0,00I-0,7I7	0,0-0,030
Бадхыз-Карабильский	Cr_2	327-I8I8	I0-I40	0,006-0,I04	0,002-0,25I	0,008-0,020
	Cr_1	I955-2372	I4I-I74	0,027-0,038	0,I85-0,252	0,0I2-0,0I8
	J_3	2308-3530	I50-395	0,039-2,I6	0,I76-I,742	0,007-0,032

фундамента до 8 – 10 км в краевых прогибах. Это преимущественно терригенные породы с широким развитием соленосных и гипс-ангидритовых отложений. В изученной части геологического разреза рассматриваемого региона распространены различные гидрохимические зоны подземных вод, начиная от солоноватых (3 г/кг) до весьма крепких рассолов (350 г/кг).

Имеющиеся данные о бороносности подземных вод и рассолов этих бассейнов приведены в табл.9. Эти пока еще немногочисленные данные показывают, что в пределах описываемого региона подземные рассолы в изученных пунктах содержат сравнительно небольшое количество бора, за исключением Керкитагского района Бадхыз-Карабильского бассейна, где в соленосных отложениях верхней юры вскрыты весьма крепкие рассолы с содержанием окиси бора до 2,16, брома до 1,742 и йода до 0,032 г/кг. Не исключена возможность, что и в других районах при дальнейших исследованиях будут обнаружены рассолы с высоким содержанием этих полезных ископаемых.

13.Сыр-Дарьинская система артезианских бассейнов (Приташкентский, Чимкентский, Восточно-Приаральский, Северо-Кызыл-Кумский) сложена мезозойскими и кайнозойскими отложениями, общей мощностью 700 – 2500 м, преимущественно терригенными, меньше карбонатными. В изученной части гидрохимического разреза рассматриваемого артезианского бассейна известны только пресные и соленые воды, рассолы пока неизвестны.

Бороносность подземных вод бассейна изучена слабо, но имеющиеся данные показывают, что содержание окиси бора обычно значительно меньше 0,050 г/кг. Не зарегистрированы пока в этих водах также и промышленные концентрации брома и йода.

Учитывая геологическое строение сырдарьинской системы артезианских бассейнов, можно предполагать, что этот бассейн бесперспективен в отношении борных промышленных вод, за исключением может быть отдельных наиболее глубоких впадин, которые выявлены геофизическими методами в пределах Восточно-Приаральского и Чимкентского бассейнов, но гидрохимия их еще совершенно не изучена.

14. Таджикская система артезианских бассейнов и гидрогеологических массивов расположена в пределах Таджикской депрессии, представляющей собой сложное чередование антиклинальных поднятий и син-

Зак. 197-с

клинальных прогибов. К первым приурочены массивы трещинно-жильных вод, а ко вторым - сравнительно небольшие артезианские бассейны. Те и другие сложены в разной степени дислоцированными терригенными и карбонатными, частью соленосными, гипсоносными и неогеновыми отложениями. В пределах гидрогеологических массивов преобладают пресные и солоноватые воды с минерализацией до 5 г/кг, но на участках распространения соленосных отложений встречены рассолы с минерализацией до 300 г/кг. В артезианских бассейнах большая часть разреза заполнена соленными водами и рассолами. Глубокие части разреза как массивов, так и бассейнов изучены еще очень слабо.

Имеющиеся данные о бороносности подземных вод описываемого региона изложены в статье Л.С.Балашова, печатающейся в этом же сборнике, а некоторые из них приведены в табл.10.

Эти данные показывают, что в изученных пунктах Таджикской депрессии бороносность соленых вод и рассолов сравнительно небольшая, за исключением Кугитангского района, где в верхнеюрских (кемериджских) соленосных отложениях вскрыты рассолы с уникальной концентрацией бора (до 4,0 г/кг в пересчете на борный ангидрид).

15. Межгорные артезианские бассейны Тянь-Шаньской складчатой области (Ферганский, Иссык-Кульский, Кочкорский, Сусамырский, Нарынский, Чаткальский и другие) приурочены к межгорным впадинам разного размера и геологического строения. Наибольшие размеры имеет Ферганский артезианский бассейн, отделяющий Тянь-Шаньскую горную систему от Памирской. Этот бассейн сравнительно хорошо изучен в Адырной зоне, где пробурено большое количество скважин глубиной до 4000 м. Центральная часть бассейна почти совершенно не изучена.

Для Адырной зоны характерно постепенное увеличение минерализации воды с глубиной (до 1200 - 2100 м) от пресных вод до крепких рассолов (270 г/кг), а затем уменьшение минерализации рассолов до 70 г/кг (на глубинах 1700 - 2500 м). Гидрохимический разрез центральной части бассейна не изучен. Можно лишь отметить, что одиночные скважины, пробуренные до глубины 3500 м, вскрывают пресные, солоноватые и слабо соленые воды с минерализацией до 3 - 12 г/кг.

Имеющиеся данные о бороносности подземных вод и рассолов Ферганского бассейна приведены в табл.11. Они показывают, что в изученных пунктах бороносность соленых вод и рассолов Ферганского бас-

Таблица 10

Данные о бороносности соленых вод и рассолов
Таджикской системы артезианских бассейнов и гидрогеологических массивов
(по данным Л.С.Балашова, Б.А.Бедера, Б.Б.Митгарц, А.П.Поспелова и др.)

Бассейн	Возраст водоносных пород	Глубина опробования водоносных пород, м	Сумма минерализации, г/кг	Содержание, г/кг		
				B_2O_3	Br	J
Кугитангский	C_{1+2}	4 - 387	0,6 - 34	0,003-0,010	До 0,009	Не обнаружено
	J_3 (кимеридж)	35-523	14,7-360	0,006-4,00	0,01-1,576	Следы-0,010
	J_3 (келовей-оксфорд)	65-620	35 - 180	0,111-0,177	0,167-0,202	0,008-0,012
Сурхан-Дарьинский	P_9	180-2100	8 - 130	0,002-0,258	0,013-0,527	0,001-0,04
	C_{1_2}	750-1600	74-239	0,096-0,112	0,250-0,605	0,014-0,028
Карфирниганский	C_{1_2}	355-826	157-187	0,005-0,038	0,478-0,531	0,025-0,047
Яванский (Вахшский)	P_9	350-1277	28-120	0,047-0,251	0,028-0,484	0,004-0,019
	C_{1_2}	1419-1566	139-142	0,070-0,181	0,063-0,429	0,036-0,039

Таблица II

Данные о бороносности соленых вод и рассолов Ферганского артезианского бассейна (по данным Б.А.Бедера, Б.Б.Митгарц и др.)

Район	Возраст водоносных пород	Глубина опробования водоносных пород, м	Сумма минерализации, г/кг	Содержание, г/кг		
				B_2O_3	Br	J
Чуст-Пан	$P_{3_3} + N_1$	532-2563	90-105	0,058-0,099	0,019-0,066	0,019-0,051
Чортак	-"-	945-2858	22-95	0,007-0,042	0,015-0,034	0,001-0,028
Избаскент	N_2	20-850	0,27-1	Не обнаруж.	Следы	Следы
	$P_{3_3} - N_1$	1195-2009	1,5-16,8	То же	То же	То же
Южный Алмышик	-"-	353-580	66 -72	0,017-0,085	0,012-0,020	0,012-0,014
	Cr_1	1141-1709	11,2-78	До 0,013	0,040-0,080	0,002-0,006
Палванташ	P_3	800-911	156-248	0,021-0,452	0,027-0,275	0,005-0,023
	Cr_2	1262-2441	65-93	До 0,281	0,080-0,285	0,004-0,005

сейна сравнительно небольшая и только в районе Палванташ она достигает 0,452 г/кг (в пересчете на борный ангидрид).

При дальнейших исследованиях бассейна, вероятно, будут обнаружены рассолы и с большей концентрацией бора, особенно в толще соленосных и подсоленосных отложений. Бороносность подземных вод других бассейнов Тянь-Шаньской складчатой области совершенно не изучена.

I6. Артезианские бассейны Южного, Центрального и Северного Казахстана (Чуйский, Илийский, Алакуль-Балхашский, Зайсанский, Тениз-Кургальджинский, Карагандинский и др.) в отношении бороносности почти совершенно не изучены. Имеющиеся отрывочные данные указывают на низкое содержание бора в подземных водах и рассолах изученных пунктов этих бассейнов. Учитывая геологическое строение, можно предполагать, что только воды и рассолы Чуйского бассейна, в пределах которого установлены мощные соленосные отложения, могут иметь повышенную бороносность.

I7. Западно-сибирская система артезианских бассейнов сложена терригенными отложениями мезозойского и кайнозойского возраста, мощностью до 3000 - 4000 м и больше. Для этого региона характерна отчетливо выраженная гидрохимическая зональность с преобладанием пресных и соленых вод, а в самой нижней части геологического разреза бассейна и весьма слабых рассолов, степень минерализации которых обычно не превышает 50 - 60 г/кг и только в наиболее глубоких впадинах несколько больше. Причем, весьма слабые рассолы встречены скважинами только в восточной половине бассейна, в западной они отсутствуют до самого фундамента бассейна.

Имеющиеся сведения о бороносности соленых вод и весьма слабых рассолов западно-сибирской системы артезианских бассейнов приведены в табл.I2. Эти данные показывают, что бороносность подземных вод описываемого региона сравнительно небольшая и в изученных пунктах не превышает I00 г/кг, чаще она меньше 50 г/кг, при значительном содержании йода и малом содержании брома. Наибольшее количество бора приурочено к водам юрских отложений на контакте с палеозойскими породами фундамента, к которым приурочены и наиболее минерализованные воды (50 - 60 г/кг).

I8. Артезианские бассейны Саяно-Алтайской складчатой области (Минусинский, Кузнецкий, Рыбинский и др.) в отношении бороносности

Таблица I2

Данные о бороносности соленых вод и рассолов западно-сибирской системы артезианских бассейнов
(по данным Н.В.Егорова, Л.В.Учителевой и др.)

Возраст водоносных пород	Глубина опробования водоносных пород, м	Сумма минерализации, г/кг	Содержание, г/кг		
			B_2O_3	Br	J
Сеноман (уватская свита)	425 - I242	I,9 - I7	0,005-0,04I	0,024-0,055	0,004-0,02I
Апт (викуловская свита)	745 - I728	I,8 - I9	0,00I-0,042	0,006-0,080	0,00I-0,0I9
Готерив-баррем (киялинский горизонт)	807 - 2360	3,I - 23,7	0,007-0,059	0,00I-0,083	0,00I-0,0I9
Валанжин (тарская свита)	930 - 2242	5 - 25	0,008-0,066	0,006-0,096	0,003-0,054
Юра (тюменская и татарская свиты)	II22 - 2803	4,7 - 56	0,0I0-0,095	0,0I0-0,I60	0,00I-0,025
Нижняя часть тюменской свиты - верхняя часть фундамента	843 - 3064	8,0 -м58	0,008-0,09I	0,005-0,208	До 0,03I

почти не изучены. Судя по имеющимся отрывочным данным, сравнительно повышенное количество бора имеется только в рассолах Минусинского бассейна (табл.I3). В водах других бассейнов бор или не определялся или отмечен в небольшом количестве (единицы и первые десятки миллиграмов на один кг).

Минусинский артезианский бассейн сложен палеозойскими мезозойскими и кайнозойскими отложениями, преимущественно терригенными. В нем пробурено несколько глубоких скважин, установивших, что бассейн обладает нормальным гидрохимическим разрезом, в верхней части которого имеются пресные воды до глубины 300–400 м, а ниже идут соленые воды и рассолы, с минерализацией до 255 г/кг. Рассолы приурочены преимущественно к красноцветной загипсованной и слабозасолоненной толще девона. Содержание борного ангидрида в них отмечено до 0,I83, брома до 0,250, йода до 0,0I2 г/кг. Не исключена возможность, что на других участках бассейна и в более глубоких частях разреза могут быть встречены при дальнейших исследованиях рассолы с более высоким содержанием указанных элементов.

I9. Артезианские бассейны Сибирской платформы (Ангаро-Ленский, Якутский, Тунгусский, Хатангский, Котуйский, Оленекский) характеризуются разнообразной степенью изученности. Сравнительно хорошо изучены подземные воды и рассолы Ангаро-Ленского и южной части Якутского артезианского бассейнов, о других бассейнах можно судить только по разрозненным и еще немногочисленным данным.

Однако общие закономерности изменения минерализации и химического состава как по площади, так и по вертикальному разрезу уже выявлены для всей Сибирской платформы. Геологическое строение бассейнов, а в соответствии с этим гидрогеологические условия их неодинаковы.

Ангаро-Ленский бассейн и южная часть Якутского сложены преимущественно терригенными и карбонатными породами нижнепалеозойского возраста, среди которых весьма широко развиты мощные галогенные отложения. Тунгусский бассейн с поверхности сложен преимущественно терригенными и вулканогенными породами верхнего палеозоя и нижнего мезозоя, под которыми залегают терригенные, карбонатные и галогенные отложения среднего и нижнего палеозоя. Котуйский и Оленекский бассейны сложены в основном карбонатными и терригенными породами нижнего палеозоя, часто гипсоносными и, вероятно, на отдельных

Таблица I3

Данные о бороносности рассолов Минусинского бассейна

(по данным Е.Е.Беляковой, А.В.Зуева и др.)

Район	Возраст водоносных пород	Глубина опробования, м	Сумма минерализации, г/кг	Содержание, г/кг		
				B_2O_3	Br	J
Южно-Минусинская впадина						
Быстрянская разведочная площадь	D_2	I985-2394	220,9-254,5	0,I59-0,I83	0,0I80-0,250	0,0I0-0,0I2
Западно-Таганская разведочная площадь	-"-	I487-I580	I39,6-I47,2	До 0,057	0,2I0-0,230	До 0,0I2

участках соленосными. Хатангский бассейн, центральная и северная часть Якутского сложены главным образом терригенными породами мезозойского и кайнозойского возраста, под которыми залегает палеозой соленосный в Нордвикском и других районах Хатангского бассейна.

В соответствии с геологическим строением гидрохимическая зональность бассейнов существенно различна. Однако общей чертой для всех бассейнов является наличие в верхней части разреза зоны пресных вод разной мощности (от 150–300 до 500–800 м), под которыми распространены соленые воды и рассолы. Причем в бассейнах северной половины платформы (Хатангском, Котуйском, Оленекском, северных частях Тунгусского и Якутского) зона пресных вод промороженна на всю мощность и под мерзлотой, мощность которой до 250–500 м вскрываются соленые воды или рассолы.

Сведения о бороносности имеются только для подземных вод и рассолов отдельных частей Ангаро-Ленского и Якутского бассейнов, которые приведены в табл.14. Они показывают, что рассолы Якутского бассейна в отдельных пунктах имеют высокую бороносность. Например, в Олекминском и Дельгейском районах до 2,270 г/кг при содержании брома в этих же рассолах до 2,2 – 3,63 г/кг. Рассолы Ангаро-Ленского бассейна при очень высокой бромоносности (до 5 – 7,5 г/кг) характеризуются сравнительно небольшим содержанием бора (до 0,300 – 0,400 г/кг). Рассолы других бассейнов Сибирской платформы в отношении бороносности не изучены. Можно лишь отметить, что рассолы отдельных родников центральной части Тунгусского бассейна содержат бора до 0,089–0,146 г/кг, при общей минерализации 85–115 г/кг.

Учитывая эти данные и геологическое строение Тунгусского бассейна, можно предполагать, что в более глубоких частях разреза распространены крепкие и весьма крепкие рассолы с большей концентрацией бора.

20. Межгорные артезианские бассейны складчатых областей Восточной Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока СССР в отношении бороносности не изучены. Однако, учитывая геологическое строение и общие гидрогеологические условия, можно предполагать, что воды этих бассейнов имеют низкую бороносность (меньше 0,050 г/кг), за исключением бассейнов Камчатки и Сахалина, в которых она может оказаться повышенной.

Таблица I4

Данные о бороносности соленых вод и рассолов артезианских бассейнов Сибирской платформы
(по данным Е.А.Баскова, Е.В.Пеннекер, П.И.Трофимук, М.А.Цахновского и др.)

Бассейн	Возраст водоносных пород	Глубина опробования водоносных пород, м	Сумма минерализации, г/кг	Содержание, г/кг		
				B_2O_3	Br	Э
Ангаро-Ленский	Усольвская свита	830-2000	238 - 418	0,122-0,400	2,07-7,34	0,001-0,011
	Мотская свита	1685-2290	167 - 331	0,012-0,298	1,44-5,56	0,001-0,023
	Ушаковская свита	2349-2544	182 - 312	Нет сведений	0,49-4,02	До 0,001
Якутский	Мезозой	2040-2439	15 - 98	0,010-0,180	0,026-0,102	0,001-0,010
	Нижн.кембрий	280-2729	58 - 302	0,031-2,270	0,02-3,63	До 0,001

Степень минерализации и бороносность поверхностных вод и рассолов

Имеющиеся данные достаточно определенно указывают на некоторую зависимость бороносности поверхностных вод от степени их минерализации.

В пресных речных водах областей умеренного увлажнения (Волга, Дон и др.) содержится бора меньше I мг/кг, в солоноватых речных водах засушливых областей (реки Эмба, Сагиз и др.) до 3–4 мг/кг, а в соленых водах Тихого океана около 4,5 мг/кг: Значительно большей величины содержание бора достигает в рапе и донных отложениях некоторых самосадочных озер, солончаков и соров, что видно из данных, приведенных в табл.I5. Эти данные показывают, что общие геологические запасы бора в соленых и самосадочных озерах в десятки и сотни раз превышают его запасы в мировом океане и в сотни-тысячи раз – в пресных речных водах и озерах.

Некоторые соображения о формировании бороносных вод

Приведенные выше данные показывают, что количество бора в природных водах колеблется в широких пределах от нескольких миллиграммов до нескольких граммов на I кг раствора, причем для большей части территории СССР характерно количество бора меньше I,0–0,5 г/кг. Максимальные величины его содержания (из известных в настоящее время) в подземных рассолах достигают 2–4 г/кг, а в поверхностных рассолах 2–3 г/кг.

Необходимо отметить, что подземные рассолы с величиной содержания бора, превышающей I г/кг (в пересчете на борный ангидрид), связаны с весьма крепкими и сверхкрепкими рассолами, которые приурочены к соленосным толщам или к районам наличия мощных соленосных отложений. К таким районам относятся Кугитангский в Таджикской депрессии, где в рассолах зарегистрирована максимальная из известных величин бора (4 г/кг), Бадхыз-Карабильский бассейн (2,I6 г/кг), Челкарский в Прикаспийской впадине (I,50 г/кг), Башкирское Приуралье (I,22 г/кг), Дельгейский в Якутском бассейне (2,27 г/кг).

Учитывая эти данные, можно не сомневаться в том, что рассолы с высоким содержанием бора тесно связаны с теми соленосными толщами, которые распространены в тех же районах.

Таблица I5

Данные о бороносности некоторых озер и соров, расположенных в области аридного климата

Район	Минерализация рассола, г/кг	Содержание, г/кг	
		B_2O_3	Br
Азово-Черноморское побережье	27 - 287	0,00I-I,083	0,00I-I,205
Прикаспийская впадина			
Дельта Волги	75 - 408	0,020-0,300	0,07 - 2,7
Междуречье Волги и Урала	I35 - 337	0,02 -0,I30	0,05 - I,0
Зауральская часть Прикаспийской низменности	26I - 265	0,0I0-0,I50	0,060-0,460
Южно-Эмбинский р-н	I59 - 329	0,003-I,03	0,I40-0,720
Северная часть п-ова Мангышлак (оз.Каракот)	277 - 290	0,025-0,069	0,200-0,600
Нижняя часть бассейна р.Аму-Дарьи	До 360	0,09 -I,I33	Нет сведений
Озера грязевых вулканов п-ова Челекен	28 - 286	0,087-2,98I	0,046-0,880
Восточный Чинк Устюрта	До 400	До 0,340	До 0,056
Южный Казахстан	До 320	До 0,9	До 0,700
Тургайская впадина	До 345	До 0,700	До 0,300
Южная часть Западно-Сибирской низменности	50 - 400	До 0,030	0,I00-0,700

Таким образом, как высокобороносные рассолы, так и соленосные толщи связаны солеродными бассейнами минувших геологических эпох, в которых происходила концентрация воды до пересыщенных рассолов в результате испарения в условиях жаркого и сухого климата. Принципиально те же процессы формирования рассолов можно наблюдать и в настоящее время в самосадочных озерах засушливых областей. Однако необходимо отметить, что если высокое содержание бора всегда связано с рассолами, то далеко не все рассолы характеризуются высоким содержанием бора, так же как не всегда они имеют одинаковый химический состав. Это, очевидно, объясняется разными условиями питания солеродных бассейнов, что находит подтверждение при изучении условий питания современных самосадочных водоемов, имеющих рассолы разного химического состава. Например, Кара-Богаз-Гол, сиваши и лиманы Черноморского побережья и другие солеродные бассейны имеют непосредственную связь с морем и, следовательно, рапа в них образуется за счет концентрирования в результате испарения морской воды определенного химического состава. Другие солеродные водоемы питаются поверхностными и подземными водами, выщелачивающими соляные купола (например, озера Индер, Эльтон и др.), третьи – водами грязевых вулканов, четвертые – имеют другие источники питания. Во всех указанных случаях рассолы самосадочных озер имеют разный химический состав и разную бороносность.

По-видимому, древние солеродные бассейны, с которыми связаны подземные рассолы, в подавляющем большинстве случаев представляли собой лагуны, так или иначе связанные с морем, т.е. питались в основном морской водой. Однако это не значит, что рассолы всех таких бассейнов получали воды одинакового химического состава. Известно, что степень минерализации, химический состав и бороносность воды различных морей существенно неодинаковы. Так, по данным А.П.Виноградова, содержание бора в различных морях изменяется от 0,0015 до 0,0045 г/кг.

Разный химический состав рассолов солеродных лагун может объясняться не только поступлением в них морской воды различного состава, но и другими причинами (упариванием воды – до садки гипса, галита, калийных солей и т.д. – и составом воды дополнительных источников питания). Лагуны, получающие воду (кроме морской) из облас-

ти действующих вулканов или из области, сложенной породами повышенной бороносности, очевидно, будут иметь рассолы с более высоким содержанием бора, чем лагуны, расположенные в иных условиях питания. Например, соленосные толщи Дельгейского района формировались в лагуне, в которую стекали воды с прилегающих частей Алданского кристаллического массива, обладающего повышенной эндогенной борной минерализацией. В качестве другого примера можно указать оз.Индер, в которое стекают воды, размывающие соляные купола, с повышенной экзогенной борной минерализацией.

Имеющийся в нашем распоряжении фактический материал показывает, что сравнительно высокой бороносностью в отдельных случаях обладают не только рассолы, но и слабо солоноватые воды, что наблюдается, например, на Камчатке, Курильских островах и на Кавказе. Однако эти явления легко объяснимы, если учесть давно высказанную в литературе точку зрения, что воды действующих вулканов, как и вообще породы молодых вулканических областей, в большинстве случаев обладают повышенной бороносностью.

Такие бороносные воды можно считать первичными по сравнению с бороносными рассолами, так как они, попадая в бессточные впадины, постепенно концентрируются здесь вместе с другими водами (при наличии благоприятных для этого условий) и тем самым обогащают самосадочные водоемы бором.

Очевидно, можно предположить, что бассейны, в которые сносились продукты размыва вулканических областей, заполнялись породами и водами повышенной бороносности.

Возможно, именно таким образом можно объяснить повышенную бороносность соленых вод и слабых рассолов неогеновых, палеогеновых и меловых отложений Предкавказья, которые формировались в бассейнах, прилегающих к Кавказу, за счет размыва и сноса вулканогенных и других пород с этой складчатой области. Не совсем, однако, ясно формирование слабых рассолов Предкавказья, так как на этой территории пока не известны соленосные отложения. Правда, они широко распространены в соседних районах: на севере в Донбассе, на востоке в Прикаспийской впадине (пермские отложения) и на юге на северных склонах Кавказа (титон). Эти отложения могли размываться и сноситься в глубокую впадину, существовавшую в Предкавказье в период отложения мел-неогеновых пород. Кроме того, рассолы могли формироваться и непо-

средственно на поверхности рассматриваемой территории в минувшие геологические эпохи, подобно тому, как это происходит в настоящее время в Кура-Араксинской впадине. Для выяснения этих вопросов необходимо детальное изучение палеогеографии рассматриваемой области.

Данные, приведенные в таблицах, достаточно определенно показывают, что в соленых водах и слабых рассолах, характеризующихся повышенной бороносностью (Предкавказье, Западно-Сибирская низменность), обычно наблюдается повышенное количество йода и мощные скопления нефти и газа. Учитывая все это, можно предполагать, что определенная часть бора в водах таких районов имеет органическое происхождение, так же как йод, нефть и горючий газ.

В общем случае при увеличении концентрации рассолов увеличивается абсолютная величина содержания в них бора. Однако, эта зависимость не столь прямолинейна, как, например, для брома, что объясняется разными геохимическими свойствами этих двух элементов.

Следовательно, суммируя все изложенное, можно процесс накопления бора в природных водах подразделить на два основных этапа:

I) выщелачивание бора из вулканогенных, скарновых и других пород;

2) концентрирование бороносных растворов выщелачивания в бассейнах накопления осадков и вод (стадия седиментации), что особенно интенсивно происходит в лагунах и других бессточных водоемах в условиях аридного климата.

В отдельных бассейнах существенную роль в накоплении бора в подземных водах играет высвобождение его из органических остатков в стадию диагенеза и эпигенеза осадков, богатых органикой.

Перспективные районы в отношении промышленных борных вод и рассолов

Хотя имеющиеся в нашем распоряжении данные и недостаточны, но все же они позволяют высказать общие соображения о перспективности отдельных регионов СССР в отношении наличия промышленных борных вод и рассолов. Прилагаемая карта показывает, что бесперспективными в отношении промышленных борных вод и рассолов являются: гидрохимический пояс пресных вод, за исключением отдельных пунктов на Кавказе, Камчатке и Курильских островах; большая часть гидрохимического поя-

са пресных и соленых вод, за исключением отдельных районов в Предкавказье, Кавказе и Западно-Сибирской низменности; значительная часть гидрохимического пояса пресных, соленых вод и рассолов. Районы с повышенным и высоким содержанием бора в соленых водах и рассолах занимают меньшую часть этого пояса. Их можно сгруппировать в следующие девять провинций бороносных вод и рассолов, различных по степени минерализации, химическому составу и формированию:

I. Карпатская провинция бор-йодных промышленных вод и рассолов, формирование которых связано с галогенными формациями неогенового возраста.

2. Днепрово-Донецкая провинция бор-бром-йодных вод и рассолов - с галогенными формациями девонского и пермского возраста.

3. Крымско-Таманская провинция йодных, йод-борных вод - с тектоническими разломами и грязевыми вулканами.

4. Кавказская и Камчатско-Курильская провинция борных вод - с тектоническими разломами и молодой вулканической деятельностью (эндогенная борная минерализация), а также с седиментационными процессами в пределах межгорных артезианских бассейнов.

5. Предкавказская провинция (включая Апшеронский п-ов) бор-йодных и йод-борных вод и рассолов - вероятно, с размывом галогенных и вулканогенных формаций соседних областей, а также миграцией рассолов из этих областей.

6. Волго-Уральская провинция (включая Прикаспийскую низменность) йод-бор-бромных и йод-бром-борных рассолов - с галогенными формациями нижнепермского, возможно, и более древнего возраста.

7. Туркменская, Таджикская и Ферганская провинции бром-бор-йодных и бром-йод-борных вод и рассолов - с галогенными формациями мезозойского и палеогенового возраста.

8. Восточно-Сибирская провинция бор-бромных и йод-бор-бромных вод - с галогенными формациями нижне- и среднепалеозойского возраста.

9. Западно-Сибирская провинция бор-йодных вод - с нефтегазоносной формацией мезозойского возраста и возможно соленосной - палеозойского.

Из названных провинций первоочередного внимания, по комплексу благоприятных данных для промышленной добычи бора, заслуживают отдельные районы Предкавказской, Волго-Уральской и Туркменской

провинций, где имеются соленые воды и рассолы с высоким содержанием не только бора, но и йода, или брома и йода одновременно.

Литература

Алекин О.А. Основы гидрохимии. Гидрометиздат, 1953.

Альбов С.В. К вопросу о боре в подземных водах Крыма. Геохимия, вып.1, 1957.

Бабинец А.Е. Подземные воды юго-запада Русской платформы. АН УССР, 1961.

Балашов Л.С. Сурхан-Дарьинский артезианский бассейн. Тр.Лабор.гидрогеол.проблем, АН СССР, т.25, 1960.

Бедер Б.А. Воды артезианских бассейнов Узбекистана. Узбекский геологический журнал, № 6, 1958.

Бедер Б.А. Гидротермальные ресурсы Узбекской ССР. Зап. Узб.отд.Всесоюз .мин.общ., вып.8, АН Узб.ССР, 1955.

Бурксер Е.С. Содержание бора в некоторых минеральных водах и грязях СССР. Гидрохим.материалы, т.9, 1936.

Валяшко М.Г. Некоторые черты геохимии бора. Химия боратов. Изд. АН Латв.ССР, 1953.

Васильев Г.А. Воды речек как источник накопления солей в оз.Эльтон. Тр.ВНИИГ, т.28, 1956.

Виноградов А.П. Геохимия рассеянных элементов морской воды. Успехи химии, т.22, вып.1, 1944.

Гатальский М.А. Подземные воды и газы палеозоя Северной половины Русский платформы. Госгеолтехиздат, 1954.

Глебович Т.А. Бор в море. Тр.биогеохимич.лабор. АН СССР, 1946.

Гнесин Ю.Д. Поиски бора в рассольных водах и соляных отложениях Украины. Гидрохимические материалы, т.9, 1946.

Гуляева Л.А. О содержании бора в современных морских илах. Докл.АН СССР, т.60, № 5, 1948.

Дзенс-Литовский А.И. Подземные воды и рассолы озерных солевых месторождений. Тр.Лабор.гидрогеол.проблем АН СССР, 1951.

Зайцев И.К., Гуревич М.С., Белякова Е.Е. Гидрохимическая карта Сибири и Дальнего Востока. Объяснительная записка. Тр. ВСЕГЕИ, т.3, Госгеолтехиздат, 1956.

З а й ц е в И.К. Гидрохимическая карта СССР с объяснительной запиской. Госгеолтехиздат, 1958.

И в а н о в В.В. Гидротермы очагов современного вулканизма Камчатки и Курильских островов. Тр.лабор.вулканизма, вып.12, 1956.

И г н а т о в и ч Н.К. Гидрогеология Русской платформы. Госгеолиздат, 1948.

К р а с и н ц е в а В.В. О накоплении бора в минеральных водах в результате выделения из осадочных пород. Проблемы гидрогеологии, Госгеолтехиздат, 1960.

К р о т о в а В.А. Волго-Уральская нефтеносная область. Гидрогеология, Тр.ВНИГРИ, вып.94, Л., 1956.

К р о т о в а В.А. Гидрогеологические критерии нефтегазоносности. Тр.ВНИГРИ, вып.147, 1960.

П и й п Б.И. О вулканизме, геологии и гидротермах Камчатки. Тр.лабор.вулканизма, вып.12, 1956.

П о с о х о в Е.В. Соляные озера Казахстана. АН СССР, 1955.

Р а с п о п о в М.П. Природные рассолы Прикаспийской впадины. Тр.ВСЕГЕИ, т.61, изд. ОНТИ ВСЕГЕИ, 1961.

С и л и н - Б е к ч у р и н А.И. Формирование подземных вод северо-востока Русской платформы и западного склона Урала. Тр. Лабор.гидрогеол.проблем, Изд. АН СССР, 1949.

С у л и н В.А. Гидрогеология нефтяных месторождений. Гостоптехиздат, 1948.

С у х а р е в Г.М. Гидрогеология мезозойских и третичных отложений Терско-Дагестанской нефтяной области и Нижнего Поволжья. Гостоптехиздат, 1954.

Т а г е е в а Н.В. Фтор и бор в природных водах и их связь с нефтяными месторождениями. Докл. АН СССР, т.31, № 4-5, 1942.

Т а м р о з я Г.П. О распределении бора в продуктивной толще Апшеронского п-ва. Геохимия, № 8, 1957.

Т о л с т о й М.П. Подземные воды палеозоя Самарской Луки. Сб.ВСЕГИНГЕО, № 7, Госгеолиздат, 1946.

Т о л с т и х и н О.Н. Термальные воды Камчатки и проблема их освоения. Сов.геология, № 2, 1958.

Ш а г а я н ц С.А. Подземные воды центральной и восточной частей Северного Кавказа. Госгеолтехиздат, 1959.

Щ е р б а к о в А.В. Основные закономерности распределения и формирования минерализованных вод в Западной Туркмении. Сб. ВСЕГИНГЕО, № 14, 1956.

Щ е р б а к о в А.В. Гидрогеохимические исследования при поисках и разведке подземных бороносных вод. Госгеолтехиздат, 1962.

В.В.Красинцева и А.В.Щербаков

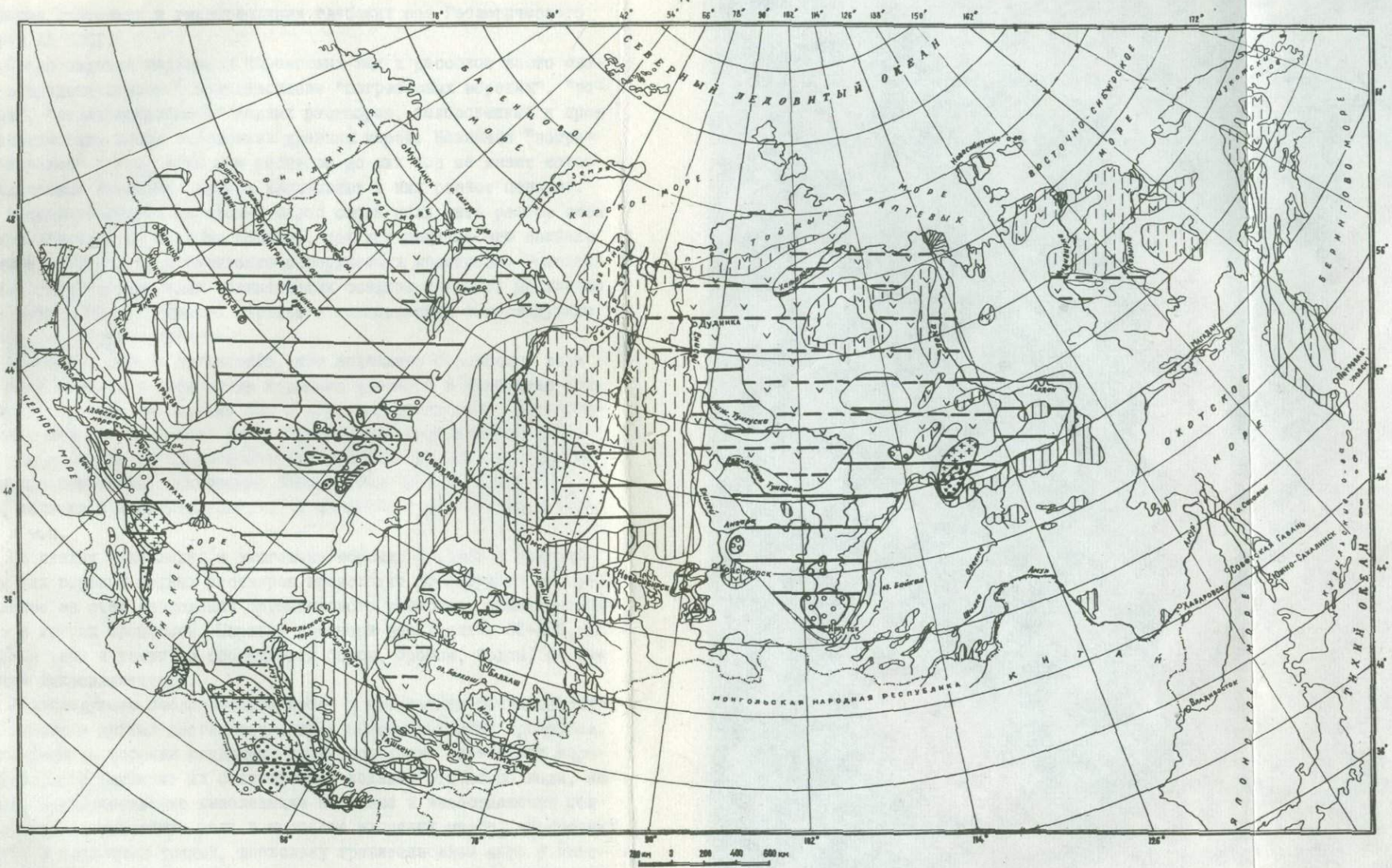
О генезисе подземных вод Юго-Восточного Прикаспия и Предкавказья и их связи с поровыми растворами глинистых отложений

Вопросы о генезисе и пространственном размещении подземных бороносных вод в земной коре рассматривались в работах М.Г.Валяшко (1953), В.В.Красинцевой (1960), С.Р.Крайнова (1963), Н.В.Тагеевой (1943), А.В.Щербакова (1961) и других исследователей. Эти вопросы имеют большое значение как при разработке поисковых критериев на бор, так и при оценке перспектив отдельных территорий в отношении бороносности.

В настоящее время можно с уверенностью сказать, что в образовании подземных бороносных вод большая роль принадлежит поровым растворам, отжимаемым из илов и глин в процессе гравитационного уплотнения (литификации) огромных толщ осадочных отложений в аспекте геологического времени. Допуская, что часть седиментационных поровых растворов до настоящего времени сохранилась в плотных глинах, становится очевидным, что состав и объем этих растворов следует изучить. Такое изучение стало возможным, благодаря использованию разработанного П.А.Крюковым метода отжатия из горных пород поровых растворов и их химического анализа.

Изучение поровых растворов, отжатых из осадочных пород, проводили многие исследователи (П.А.Крюков, В.В.Красинцева, А.Е.Бабинец, Г.Е.Сухарев, З.В.Пушкина, Н.П.Затенацкая, З.А.Арсламбекова и др.), но почти все их работы были посвящены исследованию состава главных компонентов растворов. Такие микроэлементы как бор, йод, бром и др. начали определяться В.В.Красинцевой, Н.В.Тагеевой и другими исследователями только в самое последнее время, что значительно снижало полноту химических характеристик обследованных растворов и затрудняло сопоставление их состава с составом подземных вод.

В настоящей статье на примере Предкавказья и Юго-Восточного Прикаспия выясняются некоторые особенности общего химического состава и содержания в поровых растворах глинистых отложений и делается попытка рассмотреть их генетическую связь с пластовыми бороносными водами. Изучение поровых растворов было проведено В.В.Красинцевой в


СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН
БАРЕНЦОВО МОРЕ
КАРСКОЕ МОРЕ
ТАЙМЫР
ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЕ МОРЕ
ЧУКОТСКОЕ МОРЕ
БЕРИНГОВО МОРЕ
ОХОТСКОЕ МОРЕ
ЯПОНСКОЕ МОРЕ
ТИХИЙ ОКЕАН
ЧЕРНОЕ МОРЕ
КАСПИЙСКОЕ МОРЕ
Аральское море
Балхаш
МОНГОЛЬСКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА
КИТАЙ
Москва
Ленинград
Мурманск
Архангельск
Дудинка
Новосибирск
Иркутск
Хабаровск
Владивосток
Южно-Сахалинск
Ташкент
Алма-Ата
Астрахань
Баку
Ереван
Тбилиси
Ростов
Волгоград
Куйбышев
Свердловск
Пермь
Казань
Горький
Якутск
Магадан
Петропавловск-Камчатский
Курильские о-ва
Новосибирские о-ва
Земля Франца-Иосифа
Новая Земля
Шпицберген
Белое море
Чешская губа
Обь
Енисей
Лена
Амур
Волга
Дон
Днепр
Сахалин
Камчатка
Курильская гряда
Японские о-ва
Северная Земля
Новосибирские о-ва
Командорские о-ва
Алеутские о-ва
Аляска
Канада
Япония
Китай
Монголия
Индия
Иран
Турция
Финляндия
Норвегия
Швеция
Польша
Германия
Франция
Испания
Италия
Англия
Ирландия
Исландия
Гренландия
Северная Америка
Европа
Азия
Африка
Австралия
Индонезия
Филиппины
Малайзия
Таиланд
Вьетнам
Корея
Северная Корея
Южная Корея
Тайвань
Новая Зеландия
Австралия
Африка
Южная Америка

лаборатории геотермии и гидрогеохимии глубоких зон Геологического института АН СССР.

Происхождение подземных бороносных вод и рассолов часто связывают с представлением о существовании "погребенных морских", "реликтовых", "седиментационных" водных растворов, захороненных в прошлые геологические эпохи в условиях древних морей. Названия "погребенные морские" и т.п. воды или растворы до сих пор не имеют точного определения. Различные авторы вкладывают в них разное понятие. Авторы настоящей статьи не ставят перед собой цель дать разбор всех имеющихся взглядов по данному вопросу, так как решение его связано с анализом целого ряда естественно-исторических процессов. Основными из них являются процессы седиментации осадков и водных растворов, а также изменения их солевого состава и концентрации в последующие геологические периоды времени.

Имеющиеся данные показывают, что подземные бороносные воды генетически связаны с осадочными породами морского и прибрежно-морского происхождения, поскольку бор и его соединения легко растворимы и накапливаются в морской воде. Характерной особенностью соединений бора является их способность адсорбироваться или соосаждаться с глинистым веществом, некоторыми соединениями железа, марганца, магния, кальция и концентрироваться в животных и растительных организмах и т.п.

На стадии накопления и диагенеза морских осадков и содержащихся в них поровых водных растворов происходит последующее их преобразование за счет разложения органического вещества, обменно-сорбционных и других процессов. Поровые растворы переходят в $Cl-HCO_3-Na$ и Cl-Na-Ca типы и частично обогащаются бором, бромом, йодом, калием и другими микроэлементами.

В последующее геологическое время в результате гравитационного уплотнения и других диагенетических и эпигенетических процессов, из уплотняющихся морских осадочных толщ происходит вытеснение поровых растворов и смешение их с пластовыми водами. Эта масса воды, насыщающая преимущественно вышележащие песчаные и известняковые коллектора, играет важнейшую роль в процессе миграции многих химических элементов в осадочных толщах, поскольку гравитационная вода в пластовых и трещинно-жильных условиях является чрезвычайно активным веществом. Ход химических и биогенных процессов в водных растворах

значительно ускоряется за счет гравитационного уплотнения. В этот период и происходит наиболее эффективное обогащение подземных гравитационных вод бором вследствие растворения и диффузионного выщелачивания из боросодержащих горных пород, галогенных образований, нефтей и реагирующих органических веществ при благоприятных структурных, термодинамических и геохимических условиях.

Каждую бороносную провинцию, как и отдельную бороносную структуру, можно, исходя из геохимических особенностей подземных вод и поровых растворов, оценить с точки зрения состояния и роли тех факторов, которые способствуют образованию и размещению высоко-концентрированных бороносных вод и рассолов.

В качестве примера кратко рассмотрим некоторые гидрогеохимические особенности Юго-Восточного Прикаспия и Предкавказья.

Юго-Восточный Прикаспий охватывает обширную область, ограниченную с севера системой Красноводских гор, Больших и Малых Балханов, с востока горными цепями Копет-Дага и Эльбурса. Здесь широко развиты солончаки, барханные пески и террасы древнекаспийской трансгрессии, скрывающие геологическое строение этого региона. Только местами из-под песчаных покровов выходят антиклинальные складки, сложенные коренными породами кайнозойского возраста (Челекен, Котур-Тепе, Небит-Даг, Кум-Даг, Боя-Даг и др.), к которым приурочены одноименные водонефтегазовые месторождения.

В толще кайнозойских пород, вскрытых за последние 15-20 лет при бурении глубоких скважин (до 3000 м и более), довольно отчетливо прослеживаются отдельные водоносные горизонты в песках и песчаниках, разобщенных между собой плотными глинистыми водоупорами. Антиклинальные поднятия на фоне общего погружения Прикаспийской низменности в сторону Каспийского моря занимают особое место как наиболее ярко выраженные участки области подземного дренажа, в направлении которых напорные бороносные воды поднимаются по водоносным горизонтам из Прикаспийской депрессии.

Области питания водонапорной системы Юго-Восточного Прикаспия располагаются в горах Эльбурса, Копет-Дага, Большого и Малого Балханов, где в ядрах денудированных антиклинальных складок прослеживаются раскарстованные известняки и трещиноватые песчаники нижнего мела (неокома). К западу от горноскладчатой области меловые породы района Небит-Дага и Челекена резко погружаются: по данным геофизи-

ческих исследований, они залегают на глубинах до 5 - 7 км под толщей песчано-глинистых образований. Здесь в геологическом разрезе водопроводимость пород ухудшается снизу вверх - от хорошо водопроницаемых карбонатных пород неокома до слабопроницаемых преимущественно глинистых толщ акчагыльского, апшеронского и бакинского ярусов.

По химическому составу подземные воды Юго-Восточного Прикаспия делятся на две большие зоны.

Первая - верхняя гидрохимическая зона - приурочена к песчано-глинистым и глинистым породам среднего и верхнего отделов красноцветной толщи, а также акчагыльского, апшеронского и бакинского ярусов. Здесь вследствие весьма затрудненной циркуляции и относительной замкнутости водовмещающей среды, а также целого ряда других факторов (наличие галогенных фаций, седиментационного уплотнения, диффузионного выщелачивания и т.д.) в течение длительного геологического времени сформировались хлоридно-натриево-кальциевые воды с общей минерализацией 40 - 310 г/л. Содержание борного ангидрита (B_2O_3) 110 - 600, йода 12 - 36, брома 90 - 850 мг/л. Температура вод колеблется от 36 до 72° и только в источниках и отдельных скважинах снижается до 30 - 24° и ниже.

Вторая - нижняя гидрохимическая зона - приурочена к менее засоленным глинисто-песчанистым породам нижней части красноцветной и подстилающей толщ и, по-видимому, к известнякам мела. В этой зоне благодаря относительно повышенному обмену подземных вод с областями питания и наличию биогенных процессов сформировались хлоридно-гидрокарбонатно-натриевые (щелочные) воды; температура их колеблется в пределах 50-85°, в отдельных случаях достигает 105° и выше. Общая минерализация щелочных вод колеблется от 10 до 40 г/л. Содержание B_2O_3 240 - 1300, йода 10 - 90, брома 30 - 120 мг/л.

Разгрузка вод нижней гидрохимической зоны происходит по тектоническим разломам (Каспийское море, челекенские и чикишлярские озера, например, Порсугели и др.), а также в результате перетекания вод снизу вверх, т.е. из одного горизонта в другой.

Изучение поровых растворов апшеронских и акчагыльских глин структуры Кара-Тепе показало, что по химическому составу они очень близки к составу подземных вод Юго-Восточного Прикаспия и относятся к хлоридно-натриево-кальциевым водам. Минерализация этих растворов равная 114 - 214 г/л, находится в пределах колебания минерализации

подземных вод изучаемых отложений. В поровых растворах величина содержания брома, так же как и соотношение $\frac{Cl}{Br}$ мало отличается от соответствующих данных для подземных вод. В отношении же брома и йода наблюдаются резкие различия между поровыми растворами и подземными водами. В поровых растворах содержится гораздо меньше бора и йода, чем можно было ожидать, исходя из состава подземных вод. Содержание брома и йода в среднем составляет 5 мг/л, в то время как в подземных водах примерно с такой же минерализацией содержится в среднем бора около 50 мг/л, а йода около 30 мг/л. Таким образом, концентрация бора в подземных водах превышает концентрацию в поровых растворах примерно в IO раз, а йода в 6 раз, несмотря на близость химического состава и величины минерализации поровых растворов и подземных вод.

В табл.I приводятся соотношения между некоторыми элементами в откатых поровых растворах Юго-Восточного Прикаспия. Для сопоставления содержания бора в подземных водах различной минерализации и в поровых растворах был составлен в логарифмическом масштабе график, на котором на оси абсцисс откладывалось содержание хлора, а на оси ординат соотношение $\frac{B}{Cl}$. Рассматривая график, наблюдаем снижение величины коэффициента $\frac{\frac{B}{Cl}_B}{Cl}$ по мере увеличения содержания хлора в подземных водах. При этом приуроченность подземных вод к отложениям различного возраста не влияет на указанную закономерность. На графике (рис.I) видно, что распределение бора в поровых растворах Прикаспия выпадает из общей картины распределения этого элемента в подземных водах. Точки, отражающие отношение в этих растворах, располагаются на графике значительно ниже точек, характеризующих эти отношения в подземных водах соответствующей минерализации. Отсюда можно сделать вывод, что поровые растворы не могут служить источником повышенных концентраций бора в подземных водах. Аналогичная картина несоответствия содержания бора в поровых растворах и подземных водах наблюдается и для Предкавказья.

Предкавказье охватывает область, заключенную между предгорной частью северного склона Кавказа на юге, Доном и Манычем – на севере, ограниченную Каспийским морем на востоке и Керченским проливом и Азовским морем на западе. Области питания основного напора подземных минерализованных вод Предкавказской водонапорной системы располагаются в пределах гор и предгорьев Большого Кавказа, сложен-

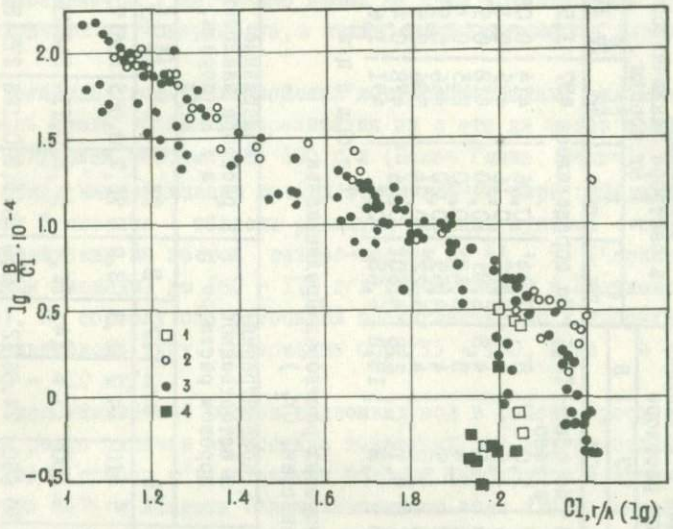


Рис.I. Зависимость отношения $\frac{B}{Cl}$
от концентрации Cl в подземных водах и поровых растворах

Подземные воды: I - апшерона, 2 - акчагыла, 3 - красноцветной толщи;
4 - поровые растворы акчагыльских и апшеронских глин

ных хорошо водопроницаемыми породами мезо-кайнозойского возраста.

Области распространения напорных водоносных комплексов и горизонтов соответствуют территории Предкавказского краевого прогиба, Ставропольской возвышенности и сопредельных с ними структур.

Важнейшей особенностью водонапорной системы Предкавказья является обособленность ряда горизонтов и отсутствие между ними прямой гидродинамической связи, что и определяет в основном гидрохимическую зональность рассматриваемого региона. Наряду с обособленными зонами для каждого горизонта возможны узлы взаимосвязи с другими смежными горизонтами. Допускается, по данным В.Н.Корценштейна (I960), скрытая разгрузка подземных вод за счет перетоков из одного горизонта в другой.

Таблица I

Содержание галогенов и бора в поровых растворах Юго-Восточного Прикаспия
(Западная Туркмения, в 2,5 км к северо-востоку от структуры Худат-Даг, скв. 48, глина)

Геологический возраст	Интервал глубин, м	Естественная влажность породы, %	Концентрация в естественном поровом растворе				Содержание в растворе заключенном в I кг породы			
			Cl, г/л	Br	J	B	Cl, г/л	B, мг/л	$\frac{Cl}{Br}$	$\frac{B}{Cl}\cdot 10^4$
				мг/л						
N_2 ap	420 - 428	I3	9I,82	2I0	Не обнаружено	I3,6	Не определялось		437	I,5
"	5I6 - 520	II,2	I06,44	257	5,0	8	7,44	0,06	4I4	0,08
N_2 ak	728- 730	II,I	82,4I	I85	4,6	2,7	4,77	0,I6	445	0,8
"	730 - 736	I5,6	97,56	240	I,6	4,8	6,35	0,30	4I3	0,5
"	744 - 748	I3,4	82,47	226	I,4	3	6,40	0,30	365	0,4
"	748 - 756	II,3	87,3I	I87	I,5	4	4,59	0,20	466	0,5
"	764 - 772	I5,6	85,90	I60	2,3	4,2	5,22	0,24	536	0,5
"	772 - 780	I4,2	79,46	I66	9,I	2,8	4,60	0,I6	478	0,4
"	8I2 - 820	I4,8	80,I0	I63	I,3	I3,3	6,63	0,I	49I	I,6

Таблица 2

Содержание галогенов и бора в поровых растворах Предкавказья
(порода - глина песчанистая, Cr_I)

Номер скважины	Местоположение	Интервал глубин, м	Естественная влажность породы, %	Концентрация в естественном поровом растворе				Содержание в растворе заключенном в I кг породы, мг/л			
				Cl	Br	J	B	Cl	B	$\frac{Cl}{Br}$	$\frac{B}{Cl}\cdot 10^4$
39	Краснодарский край Майкопская площадь	2655 - 2660	I,4	5 4I0	I4	5,5	3,9	75,7	0,055	386	7,2
43	Краснодарский край, Армавирская площадь	2257 - 2265	I,06	5 400	I5	I4	II,4	57,2	0,II4	342	2I
I7	Ставропольский край, площадь Русский хутор	3023 - 3026	2,96	20 650	74,86	I2	6,3	6II,3	0,I86	275	3
2	То же	3I78 - 32II	I,4I	II 240	25I,4	5	30,5	I004,5	0,43	284	4,2

Основная же разгрузка подземных вод Предкавказья, по-видимому, осуществляется в настоящее время за счет естественных источников, выходящих на поверхность, а также самоизливающихся буровых скважин.

Трещинные воды палеозойских метаморфизованных отложений изучены очень плохо. Общая минерализация их с юга на север возрастает от 36 (Нагутская опорная) до 100 г/л (Белая Глина, Маныч).

Общая минерализация юрских отложений по мере приближения к Северному Прикаспию - области развития соляных куполов - повышается в направлении на восток северо-восток от 44 - 55 (Черкасская и Фроловская площади) до 160 - 173 г/л (Промысловая и Полдневская площади). По составу они относятся преимущественно к хлоридно-натриево-кальциевому типу. Содержание бора 15 - 100, йода 4 - 45, брома 50 - 410 мг/л.

Гидрохимический состав подземных вод в районе Ярославской скважины резко отличен от состава подземных вод других водоносных комплексов и связан с галогенными фациями титонского возраста. Здесь на глубине 2676 м вскрыты самоизливающиеся воды хлоридно-кальциево-магниевого типа с минерализацией более 300 г/л. Содержание бора в них до 800 мг/л, йода до 63,4 мг/л, брома до 692,0 г/л.

Воды меловых отложений распространены в Предкавказье повсеместно. В пределах северного склона Кавказского хребта из этих отложений разгружаются источники преимущественно пресные и слабоминерализованные сульфатно-натриевого типа.

В районах погружения и глубокого залегания меловые отложения вскрыты многими скважинами, которые дали большие дебиты термальных вод. Например, из аптских и альбских песчаников были получены самоизливом дебиты до 3000 - 4000 $м^3$/сутки. По химическому составу эти воды хлоридно-гидрокарбонатно-натриевого и хлоридно-натриево-кальциевого типа с минерализацией до 110 г/л (Зимневставкинск). Содержание бора до 175, йода до 25, брома до 370 мг/л.

Воды палеогеновых и неогеновых отложений изучены более равномерно, чем описанные выше водоносные комплексы и горизонты мезозойских отложений. В связи с этим химическая зональность этих вод выражена рельефней. В одних водоносных горизонтах и комплексах минерализация вод по пласту и вертикальному разрезу увеличивается, в других - водоносные пласты содержат воды пресные, переходящие в погру-

жениях в рассолы, в третьих – в верхней части разреза залегают высокоминерализованные хлоридно-натриево-кальциевые воды, которые постепенно сменяются слабоминерализованными хлоридно-гидрокарбонатно-натриевыми (щелочными) и другими типами вод. Зональность прослеживается, по данным Г.М.Сухарева и др., не только по вертикальному разрезу, но и по площади распространения каждого водоносного горизонта. Общая минерализация вод палеогеновых и неогеновых отложений колеблется от I до 50 г/л и выше. Содержание бора до 80, йода 60, брома до I00 мг/л.

Для изучения генезиса бороносных вод Предкавказья на первом этапе наших исследований были изучены поровые растворы меловых отложений отдельных площадей. В табл.2 приводится краткая характеристика состава поровых растворов Предкавказья. Отжатые поровые растворы меловых отложений по химическому составу близки к составу подземных вод смежных горизонтов этого же возраста. Как поровые растворы, так и пластовые воды относятся к хлоридно-натриево-кальциевому типу. Их общая минерализация изменяется от I5 до I00 г/л. Величина содержания брома, так же как и соотношение $\frac{Cl}{Br}$ близки к соответствующим данным для подземных вод. Содержание бора в поровых растворах в среднем I2 мг/л, в то время как в подземных водах такой же минерализации его содержится в среднем около II5 мг/л. Среднее содержание йода в поровых растворах около 9 мг/л, в то время как в подземных водах около 20 – 30 мг/л.

Таким образом, концентрация бора в подземных водах превышает концентрацию в поровых растворах примерно в I0 раз, а йода в 2 – 3 раза.

Распределение бора в поровых растворах также явно выпадает из общей картины распределения этого элемента в подземных водах меловых отложений. Точки, отображающие эти отношения $\frac{B}{Cl}$ в растворах располагаются на графике (рис.2) значительно ниже точек, характеризующих это же отношение в подземных водах соответствующей минерализации.

Отсюда можно заключить, что поровые растворы не могут служить источником повышенных концентраций бора в подземных водах меловых отложений.

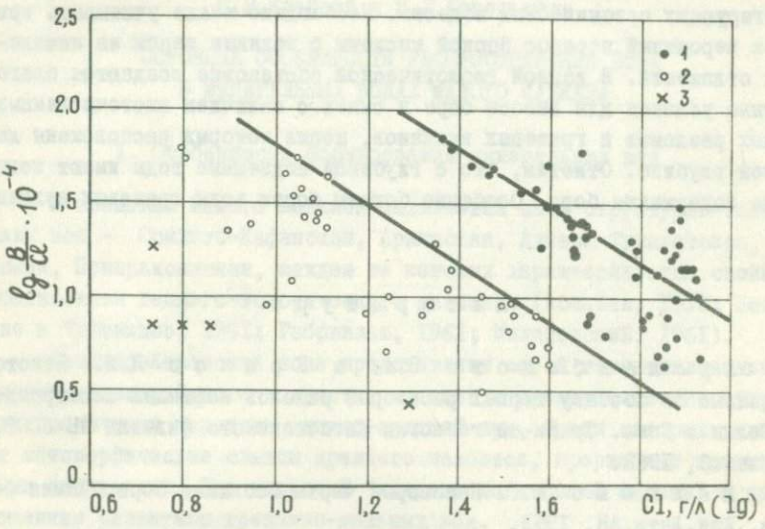


Рис.2. Зависимость отношения $\frac{B}{Cl}$
от концентрации Cl в подземных водах и поровых растворах

Подземные воды: I - нижнего мела, 2 - верхнего мела;
3 - поровые растворы глин нижнего мела

Выводы

I. Поровые растворы акчагыльских и апшеронских отложений Юго-Восточного Прикаспия, а также нижнемеловых отложений Предкавказья по минерализации и общему химическому составу очень близки к подземным водам верхнеплиоценовых и нижнемеловых водоносных горизонтов и относятся к хлоридно-натриево-кальциевому типу. Полученные материалы позволяют считать происхождение основной массы подземных вод изучавшихся отложений инфильтрационно-седиментационными.

2. Источником повышенных содержаний бора в подземных водах верхнего плиоцена Юго-Восточного Прикаспия и меловых отложений Предкавказья не могут служить поровые растворы пород. Повышенное содержание в подземных водах этого микроэлемента по сравнению с содержанием его в поровых растворах обусловлено растворением и диффузионным

выщелачиванием борсодержащих пород, галогенных образований, нефтей и реагирующих органических веществ. Необходимо также учитывать при этом и вероятный перенос борной кислоты с водяным паром из нижележащих отложений. В данной геологической обстановке создаются благоприятные условия для выноса бора в связи с наличием многочисленных крупных разломов и грязевых вулканов, корни которых расположены на большой глубине. Отметим, что с глубиной подземные воды имеют повышенные содержания бора. Особенно богаты бором воды грязевых вулканов.

Литература

Арсланбекова З.А. и Крюков П.А. Некоторые данные по составу горных растворов районов нефтяных месторождений Сеидли и Гаша. Тр.Ин-та геологии Дагестанского филиала АН СССР, т.3, вып.2, 1962.

Валяшко М.Г. Некоторые черты геохимии бора. Химия боратов. Изд.Латв.АН, 1953.

Крайнов С.Р. Гидрогеохимический метод поисков месторождений бора. Изд."Недра", 1964.

Красинцева В.В. О накоплении бора в минеральных водах в результате выделения из осадочных пород. Проблемы гидрогеологии, Госгеолтехиздат, 1960.

Красинцева В.В., Борщевский Г.А. и Алешина А.К. О значении изучения поровых растворов для выяснения процессов формирования подземных вод Западно-Туркменского артезианского бассейна. Сб.Геохимия подземных вод некоторых районов Туркмении и Узбекистана. Изд.АН СССР, 1963.

Крюков П.А. Об изучении растворов, извлеченных методом опрессования из осадочных пород. Тр.лабор.гидрогеологических проблем, т.16, стр.115-126, 1959.

Крюков П.А. и Комарова Н.А. Об отжимании воды из глин при сверхвысоких давлениях. Докл.АН СССР. т.99, № 4, 1954.

Тагеева Н.В. О содержании бора в природных водах. Докл.АН СССР, т.30, № 3, 1943.

Щербаков А.В. Гидрогеохимические исследования при поисках и разведке подземных бороносных вод. Госгеолтехиздат,1961.

С.Р.Крайнов и М.Х.Королькова

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БОРА В МИНЕРАЛЬНЫХ ВОДАХ МАЛОГО КАВКАЗА

I. Особенности формирования минеральных вод

В пределах Малого Кавказа выделяется пять структурно-тектонических зон - Сомхето-Кафанская, Армянская, Аджаро-Триалетская, Талышская, Приараксинская, каждая из которых характеризуется своими особенностями геолого-исторического развития (Асланян, 1958; Бакрадзе и Чубинидзе, 1961; Габриэлян, 1961; Милановский, 1961).

Сомхето-Кафанская зона представляет собой геоантиклинальную структуру киммерийского возраста, сложенную преимущественно вулканогенно-осадочными породами нижне-средней юры, среди которых выступают метаморфические сланцы древнего палеозоя, прорванные гранитоидными интрузиями. Это типичный "гидрогеологический массив" с преимущественным развитием трещинно-жильных вод.

Армянская зона по сравнению с Сомхето-Кафанской является молодой геосинклинальной структурой среднеальпийского возраста. Сложена она преимущественно карбонатными породами мела, вулканогенно-осадочными породами палеогена и неогена. Важнейшая роль в формировании минеральных вод Армянской зоны принадлежит верхнемеловым карбонатным породам, которые являются основным водоносным комплексом на данной территории. Эти породы выполняют ядра крупных синклинориев, из которых главнейшими являются Севано-Ширакский, Даралагезский, Кельбаджарский, Ордубадский.

В гидрогеологическом отношении эти синклинории представляют собой крупные артезианские бассейны. В третичное и четвертичное время Армянская зона являлась ареной эффузивного (плиоцен, плейстоцен, голоцен) и интрузивного (палеоген, плиоцен) магматизма, вследствие чего формирование минеральных вод в отдельных бассейнах этой зоны происходит в условиях аномального геотермического режима.

Л.Н.Барабанов (1959) считает, что для верхнемеловых карбонатных пород, выполняющих эти синклинории, характерно значительное погружение (до 2000 м), что при наличии аномального геотермического режима определяет формирование в этом комплексе горизонтов термальных вод (до 64°).

В пределах других синклинориев (Ереванского и Чатминского), согласно данным А.П.Демехина, большое значение в формировании минеральных вод имеют миоценовые нормально-осадочные и соленосно-гипсоносные породы.

Аджаро-Триалетская зона, как и Армянская, представляет собой геосинклинальную структуру среднеальпийского возраста. В строении этой зоны главная роль принадлежит карбонатным породам верхнего мела, флишевым породам палеоцена-нижнего эоцена, а также вулканогенно-осадочным породам эоцена и олигоцена, смятым в многочисленные складки субширотного простирания.

Основные водоносные комплексы в этой зоне:

а) карбонатные породы верхнего мела - флиш палеогена;

б) вулканогенные породы среднего эоцена - флиш палеоцена;

в) осадочные и туфоосадочные породы эоцена.

Талышская зона является антиклинальной структурой, сложенной преимущественно интенсивно дислоцированными осадочными и вулканогенно-осадочными породами палеогена.

Прикаспийская зона - позднеальпийская синклинальная структура, выполненная вулканогенно-осадочными породами олигоцена и осадочными (местами соленосно-гипсоносными) породами миоцена. Основным водоносным комплексом в этой зоне являются осадочные (нормально-осадочные и гипсоносно-соленосные) породы миоцена.

По газовому составу минеральные воды Малого Кавказа делятся на углекислые, азотные и метановые.

Углекислые воды сосредоточены преимущественно в пределах Армянской, Аджаро-Триалетской и Сомхето-Кафанской складчатых зон, азотные - Аджаро-Триалетской и Талышской зон, метановые преимущественно в периферических частях Аджаро-Триалетской, Сомхето-Кафанской, Армянской и Талышской зон, тяготеющих к крупным впадинам. Кроме того, в отдельных районах отмечается отчетливая вертикальная зональность газового состава. Так, например, в Боржомском районе, Аджаро-Триалетской зоны в верхнемеловом и флишевом комплексе распространены углекислые воды, а в перекрывающих этот комплекс эффузивных породах развиты азотные гидросульфидные воды.

Для химического состава углекислых минеральных вод Малого Кавказа характерна зональность, выражающаяся в последовательной смене с глубиной следующих химических типов вод:

$HCO_3 - Ca \rightarrow HCO_3 - Na \rightarrow HCO_3 - Cl - Na \rightarrow Cl - HCO_3 - Na$.

Эта зональность обусловлена увеличением минерализации и последовательной сменой химических типов вод при их движении по пласту.

Зональность химического состава азотных вод изучена слабее и представляется менее четкой. В Аджаро-Триалетской зоне азотные воды локализуются преимущественно в вулканогенных породах эоцена, захватывая верхнюю часть флиша, и лишь в восточной части этой зоны в пределах Тбилисского артезианского бассейна в формировании азотных терм принимают участие осадочные породы эоцена. Среди азотных термальных вод, формирующихся в вулканогенных породах западной части Аджаро-Триалетской зоны, выделяются гидрокарбонатно-натриевые, карбонатно-натриевые, сульфатно-натриевые и хлоридно-натриевые. Т.Е.Чичуа (1955) считает, что изменение химизма азотных термальных вод вулканогенных пород обусловлено глубиной их формирования. Воды, формирующиеся на больших глубинах, обладают большой температурой и имеют хлоридно-натриевый состав.

В гидрогеологических структурах Малого Кавказа можно выделить три гидрохимические зоны (табл.I).

Первая зона характеризуется распространением гидрокарбонатно-кальциевых, гидрокарбонатно-магниевых, иногда сульфатно-кальциевых и сульфатно-натриевых вод с минерализацией до 4 г/л. Воды этой зоны широко распространены в Сомхето-Кафанской зоне и в наиболее промытых частях артезианских бассейнов Армянской и Аджаро-Триалетской зон. В формировании минеральных вод зоны значительная роль принадлежит особенностям литологического состава водовмещающих пород.

Вторая зона характеризуется широким развитием гидрокарбонатно-натриевых и гидрокарбонатно-хлоридно-натриевых вод с минерализацией до 10 г/л. Эти воды формируются как в артезианских бассейнах, сложенных осадочными породами, так и в пределах массивов кристаллических, метаморфических и эффузивных пород (Армянская и Аджаро-Триалетская складчатые зоны).

В большинстве районов Малого Кавказа воды второй зоны являются гидрокарбонатно-хлоридно-натриевыми. Лишь в районах сульфидных рудопроявлений эти воды сменяются гидрокарбонатно-сульфатными (например, Джермук). Наиболее высокотермальными являются гидрокарбонатно-натриевые воды.

Таблица I

Схема гидрохимической зональности углекислых вод Малого Кавказа

Тип вод	Типичные группы источников	Формула Курлова типичного источника	Литологический состав водовмещающих пород	Распространение химических типов вод
I	2	3	4	5
		Первая зона (М до 4 г/л)		
HCO_3 - Ca	Славянка, Ахкерпи, Дашкесан, Арарат, Арени и многие другие	Славянка CO_2 8,0; MI,3 $\frac{HCO_3 67; SO_4 32}{Ca 69; Mg 16, Na 15}$	Осадочные, вулканогенные, интрузивные и другие	Сомхето-Кафанская зона, области питания артезианских бассейнов Армянской и Аджаро-Триалетской складчатых зон
HCO_3 - Mg	Турш-Су, Ширлан, Уравели	Турш-Су CO_2 I,6; MI,5 $\frac{HCO_3 93}{Mg 43; Ca 45; Na 12}$	Гидротермально измененные ультраосновные породы	Сомхето-Кафанская и Аджаро-Триалетская зоны
HCO_3 - Mg	Ахалцихе (скважина), Болниси (скважина)	Ахалцихе CO_2 I,3; M5,8 $\frac{HCO_3 88}{Mg 58; Na 29}$	Вулканогенные породы эоцена и мела	Сомхето-Кафанская и Аджаро-Триалетская зоны
HCO_3 - Mg	Севкар	Севкар CO_2 0,9; MI,9 $\frac{HCO_3 85; SO_4 15}{Mg 42; Ca 42}$	Доломитизированные карбонатные породы	Сомхето-Кафанская зона
SO_4 - Ca	Ягдан	Ягдан CO_2 I,0; M2,0 $\frac{SO_4 39; HCO_3 36}{Ca 60; Na 27}$	Сульфидизированные породы палеогена	Армянская складчатая, Сомхето-Кафанская и др.

Окончание табл. I

I	2	3	4	5
		Вторая зона (М до IO г/л)		
HCO_3-Na HCO_3-Cl-Na	Боржоми, Зварэ, Маджарисцкали, Бадамили, Саирме, Набеглави, Дилижан, Накалакеви, Исти-Су, Личк Анкаван и др.	Боржоми, скв.4а $CO_2$0,5;M4,6 $\frac{HCO_3 88;Cl 12}{Na 95}$	Верхнемеловой карбонатный комплекс, палеоценовый флиш, вулканогенные породы палеогена, интрузивные и метаморфические породы	Аджаро-Триалетская (Боржоми-Саирминский и Ахалцихский пояса) Армянская зона (Севано-Ширакский, Нельбаджарский, Даралагезский, Ордубадский бассейны)
HCO_3-SO_4-Na	Джермук, Дали-Чай, Сираб, Гюмур, Кегаб и др.	Джермук $CO_2$0,6;MI,5 $\frac{HCO_3 68;SO_4 20}{Na 42;Ca 28}$	Интрузивные, вулканогенные породы и туфо-осадочные породы палеогена	Армянская складчатая зона (Даралагезский и Ордубадский бассейны)
		Третья зона (М до 90 г/л)		
HCO_3- Cl -Na	Джульфа, Нагаджир, Гуджаретис и Горбатех	Джульфа, скв.5 CO_2I,5;M2I $\frac{Cl 6I;HCO_3 33}{Na 82}$	Карбонатные породы мела	Армянская зона (Ордубадский, Даралагезский бассейны) Аджаро-Триалетская зона (Боржоми - Саирминский пояс)
HCO_3- Cl -Na	Двин	Двин $CO_2$0,7;M29,7 $\frac{Cl 73;HCO_3 23}{Na 94}$	Осадочные породы миоцена	Армянская зона (Чатминский бассейн)
Cl- HCO_3- Na	Арзни, Кехсали, Птгни	Птгни $CO_2$0,7;M42 $\frac{Cl 96}{Na 96}$	Соленосно-гипсоносные породы миоцена	Армянская зона (Ереванский бассейн)

По данным Л.Н.Барабанова, водообмен во второй гидрохимической зоне осуществляется в течение десятков лет.

Третья зона охватывает области распространения гидрокарбонатно-хлоридно-натриевых и хлоридно-гидрокарбонатно-натриевых вод с минерализацией от 10 до 90 г/л. Эти воды формируются преимущественно в карбонатных породах верхнего мела и песчано-сланцевых породах миоцена в наиболее погруженных частях артезианских бассейнов.

К таким водам относятся углекислые воды некоторых районов Даралагезского, Ордубадского, Ереванского и Чатминского бассейнов (источники Горбатехские, Двинские и др.) Армянской складчатой зоны, а также воды долины р.Гудкаретис Аджаро-Триалетской складчатой зоны. Формирование этих вод обусловлено главным образом двумя факторами - гидродинамическими особенностями и особенностями литологического состава пород. Гидродинамические особенности играют главную роль в формировании высокоминерализованных углекислых вод, формирующихся в верхнемеловом водоносном комплексе. Модуль стока в третьей гидрохимической зоне, по данным Л.Н.Барабанова (1959) составляет 0,0006 л/сек с I км^2, что указывает на возобновление воды в течение десятков тысячелетий.

В пределах Чатминского и Ереванского артезианских бассейнов (неогеновый водоносный комплекс) главная роль в формировании минерализованных углекислых вод принадлежит особенностям литологического состава пород.

Наличие соленосных пород, а также общая загипсованность и засоленность осадочных пород миоцена в этих бассейнах, уже на небольшой глубине способствуют формированию высокоминерализованных хлоридно-гидрокарбонатно-натриевых вод (Арзни, Кенсали, Двин и др.); в наиболее погруженных частях минерализация достигает 90 г/л и более. Воды этой зоны преимущественно пластово-трещинные с температурой не более 30^0. Глубина формирования этих вод достигает 500 - 2000 м.

Основные факторы, определяющие формирование бороносных вод

Анализ фактического материала показал, что не все минеральные воды Малого Кавказа характеризуются значительными концентрациями бора, а лишь определенные типы вод формирующиеся под воздействием определенных факторов.

Таблица 2

Максимальные содержания бора в минеральных водах различного газового состава

Тип газового состава минеральных вод	Максимальные содержания бора, мг/л	Источники с максимальными содержаниями бора	Водоносные комплексы	Формула Курлова
Углекислые (CO 90%)	До 500	Двин	Песчано-глинистые породы неогена	$CO_2 0,7;M23,7\frac{Cl34;HCO_3 21}{Na95}$
	До 150	Джульфа	Карбонатные породы мела	$CO_2 1,5;M21,4\frac{Cl61;HCO_3 33}{Na82}$
	До 120	Орбатех	То же	$CO_2;MI0,3\frac{HCO_3 44;Cl43}{Na79;CaI5}$
Уклекисло-азотные	До 0,7	Арарат	Карбонатные породы девона	$CO_2 0,3;M0,9\frac{HCO_3 84;SO_4 II}{Ca65;MgI9}$
Азотные	3,5	Астара	Песчано-сланцевые породы палеогена	$MI9,6\frac{Cl99}{Na57;Ca43}$
	34,2	Тбилиси, скв.5	Осадочно-вулканогенные породы эоцена	$M4,4\frac{Cl98}{Na64;Ca36}$
Метановые	До 14	Масаллы	Осадочно-вулканогенные породы палеогена	$MI7,9\frac{ClI00}{Na67;Ca33}$

Таблица 3

Максимальные содержания бора в углекислых водах различных структурно-тектонических зон и водоносных комплексов

Бассейн, массив, пояс	Водоносный комплекс	Максимальное содержание бора, мг/л	Источник с максимальным содержанием бора	Формула Курлова
I	2	3	4	5
	Сомхето-Кафанская зона			
	Вулканогенные породы юры-мела	2	Болниси (скважина)	$CO_2I,I;M4,2\frac{HCO_3 68;SO_4 22}{Mg 44;Na 36}$
	Ультраосновные породы	5	Туршсу	$CO_2I,6;M2,2\frac{HCO_3 86;Cl\,I2}{Mg 44;Ca 37}$
	Интрузивные породы	I,2	Дашкесан	$CO_2I,2;MI,6\frac{HCO_3 88}{Ca 55;Mg 26}$
	Карбонатные породы юры	4,0	Караундж	$CO_2;M3,5\frac{HCO_3 57;Cl 22}{Na 42;Ca 3I}$
	Армянская складчатая зона			
Севано-Ширакский бассейн	Карбонатные породы верхнего мела	I0,0	Желтая речка	$CO_2;M3,5\frac{HCO_3 64;Cl 32}{Na 63;Ca 22}$
	Осадочные породы неогена	4,0	Личк	$CO_2 0,6;M2,5\frac{HCO_3 69;Cl 3I}{Na 42;Mg 33}$

Продолжение табл. 3

I	2	3	4	5
	Вулканогенно-осадочные нижнечетвертичные породы	4,0	Ераговоро	CO_2I,0;M2,3 $\frac{HCO_3 95}{Ca42;Mg\ 35}$
Дарамагезский бассейн	Карбонатные породы верхнего мела	I20	Орбатех	CO_2 ;MI0,3 $\frac{HCO_3 44;Cl 43}{Na70;\ CaI5}$
	Интрузивные породы эоцена	4,0	Джермук	CO_2;M3,4 $\frac{HCO_3 56;SO_4 I5}{Na70;CaI5}$
	Озерные отложения плиоцена	7,0	Уруд	CO_2;3,6 $\frac{HCO_3 62;Cl 22}{Na62;Ca29}$
Ордубадский бассейн	Карбонатные породы верхнего мела	I50	Джульфа	CO_2I,5;M2I,4 $\frac{Cl 6I;HCO_3 33}{Na82}$
	Осадочно-вулкогенные породы палеогена	I2	Казанчи	CO_2;M3,4 $\frac{HCO_3 72;SO_4 I9}{Na39;Ca36}$
Кельбаджарский бассейн	Карбонатные породы верхнего мела	I6	Исти Су	CO_2;M4,8 $\frac{HCO_3 50;C\ 34}{Na89}$
	Вулканогенно-осадочные породы палеогена	6,7	Минкенд	CO_2; M $\frac{HCO_3;Cl}{Na}$
Ереванский бассейн	Гипсоносно-соленосные породы миоцена		Птгни	$CO_2$0,7;M42 $\frac{Cl}{Na}$

Окончание табл. 3

I	2	3	4	5
Чатминский бассейн	Карбонатные породы верхнего мела	5,5	Гарни	CO_2;M2,2 $\frac{HCO_3 85;\ Cl9}{Na46;\ Ca40}$
	Нормально-осадочные породы неогена	500	Двин	$CO_2$0,7;M26,7 $\frac{Cl34;HCO_3 23}{Na95}$
Араратский бассейн	Карбонатные породы девона	0,7	Арарат	$CO_2$0,8;M0,9 $\frac{HCO_3 84;SO_4 4}{Ca65;\ Mg19}$
Мегри-Ордубадский массив	Гранитоиды эоцена	45	Личк	$CO_2$0,8;M6,0 $\frac{HCO_3 50;Cl45}{Na18;\ Ca18}$
Арзаканский массив	Метаморфические сланцы докембрия	23	Анкаван	$CO_2$0,7;M $\frac{Cl50;HCO_3 48}{Na61;\ Ca27}$
	А д ж а р о - т р и а л е т с к а я з о н а			
Ахалцихский пояс	Карбонатные отложения верхнего мела	45	Накалакеви	CO_2I,0;M7,3 $\frac{HCO_3 60;Cl36}{Na86}$
	Вулканогенные породы эоцена	I5,8	Ахалцихе	CO_2I,8;M5,8 $\frac{HCO_3 88}{Mg58;Na29}$
Боржоми-саирминский пояс	Карбонатные породы верхнего мела-флиш палеоцена	34,2	Сурами	$CO_2$0,2;M7,9 $\frac{Cl83;HCO_3 I6}{Na86}$
	Палеоценовый флиш-вулканогенные породы эоцена	23,7	Саирме № 4	CO_2I,9;M6,4 $\frac{HCO_3 77;Cl18}{Na72;\ Mg22}$
	Годердзская свита (плиоцен)	3,0	Даниспараули	$CO_2$0,7;C2,6 $\frac{HCO_3 98}{Na56;Mg39}$

Распространение бора в минеральных водах этого района определяется рядом факторов.

Рассмотрим основные из них.

Газовый состав минеральных вод

В пределах описываемого района наиболее бороносны углекислые воды (табл.2). Углекислота усиливает подвижность бора и способствует его переходу в жидкую фазу.

Поскольку остальные типы минеральных вод Малого Кавказа отличаются незначительной бороносностью, то остальные факторы формирования бороносных вод рассматриваются только применительно к углекислым водам.

Структурно-тектонические особенности

Анализ фактического материала показывает, что наибольшей бороносностью в пределах Малого Кавказа обладают углекислые воды Армянской складчатой зоны (табл.3).

Геохимические особенности водовмещающих пород.

Бороносность минеральных вод Малого Кавказа в значительной степени определяется распространением бора в породах. В табл.4 приводятся сведения о содержании бора в породах этого района.

Таблица 4

Содержание бора в некоторых типах пород Малого Кавказа

Литологические разности пород	Содержание B_2O_3, %
I	2
Сомхето-Кафанская и Армянская складчатые зоны	
Известняки метаморфизованные девона	Следы - 0,005
Кварцевые порфиты, порфириты, кварцево-порфировые брекчии юры	0,I9 - I,0
Алевролиты средней юры	0,005 - 0,008
Известняки верхней юры	0,004 - 0,006
Плагиограниты мела	0,004 - 0,009

Продолжение табл. 4

I	2
Вторичные кварциты (юра - мел)	0,I2 - I,4
Известняки верхнего мела	Следы - 0,006
Известняки метаморфизованные верхнего мела	0,004 - 0,0I8
Туфопесчаники эоцена	0,004 - 0,020
Агломератовые лавы, андезито-базальты, вулканические брекчии	0,00I - 0,0I
Осадочные разности (известняки, алевролиты, глинистые сланцы, песчаник) эоцена	0,005 - 0,025
Мергелисто-сланцевые породы олигоцена	0,003 - 0,008
Мергелистые глины, песчаники, пласты гипса миоцена	0,0I - 0,5
Гипсоносные глины миоцена	0,I - 0,5
Диатомовые глины плиоцена	Следы - 0,006
Кварцевые диориты, лейкократовые граниты палеозоя	Следы
Гранодиориты, граниты третичные	0,004 - 0,0I2
Гранитоиды плиоцена	Следы - 0,0I
Дациты плиоцена	0,0I
Нахичеванская мульда	
Мергели, глины, галопелитовые формации миоцена	0,0I - 0,3
Кремнево-ангидридные конкреции миоцена	0,2
Глины с пластами мергелей миоцена	0,I - 0,2
Корки солей миоцена	2 - 3
Галопелитовые образования миоцена	0,I
Талышская складчатая зона	
Алевролиты эоцена	Следы
Глинистые сланцы эоцена	0,004 - 0,006
Песчаники эоцена	Следы
Аджаро-Триалетская складчатая зона	
Туфогенные разности верхнего мела	Следы - 0,003
Флишевые породы палеоцена - нижнего эоцена	Следы - 0,002
Туфопесчаники эоцена	Следы - 0,007
Туфогенные породы среднего и верхнего эоцена	0,I2 - 0,2

Окончание табл. 4

I	2
Датолитосодержащие жилы эоцена	0,I6 - I3,0
Туфопесчаники олигоцена	Следы - 0,007
Гранитоиды пиритизированные палеогена	Следы - 0,0I
Туфопесчаники неогена	0,002 - 0,007
Песчано-глинистые отложения между покровами базальтов миоцена - плиоцена	0,I8 - 0,20

В пределах Малого Кавказа выделяются три основных водоносных комплекса, в которых формируются воды с повышенным содержанием бора:

I. Верхнемеловой карбонатный комплекс.

2. Неогеновый песчано-сланцевый комплекс.

3. Гранитоиды эоцена.

В первом комплексе формируются бороносные углекислые воды Армянской складчатой зоны (Ордубадский и Даралагезский бассейны).

Содержание бора в водах этих бассейнов достигает I20 - I50 мг/л. Высокобороносные воды формируются лишь в тех бассейнах Армянской складчатой зоны, которые характеризуются развитием верхнечетвертичного (эффузивного) и верхнетретичного (интрузивного) магматизма (Даралагезский и Ордубадский бассейны).

Во втором водоносном комплексе формируются наиболее бороносные воды Малого Кавказа (Двинские источники в Чатминском бассейне). Как видно из табл.4 неогеновые осадочные толщи обладают повышенным содержанием бора (до I% B_2O_3).

Существуют два пути по которым может происходить формирование высокобороносных вод во втором комплексе:

а) поступление углекислых вод из нижележащего верхнемелового карбонатного горизонта и обогащение их бором за счет миоценовых осадочных пород;

б) формирование бороносных вод непосредственно в миоценовых породах.

В настоящее время неясно, каким путем идет формирование этих высокобороносных вод. Но уверенно можно сказать, что решающая роль здесь принадлежит обогащенным бором миоценовым породам.

В третьем комплексе формируются воды с гораздо меньшим содержанием бора, которые не превышают здесь 45 мг/л (например,источники Личк и Мегри).

Особенности магматизма

Формирование высокобороносных углекислых вод характерно для бассейнов, где получил развитие верхнечетвертичный (эффузивный) и верхнетретичный (интрузивный) магматизм (углекислые воды Даралагезского и Ордубадского артезианских бассейнов).

Бороносность углекислых вод верхнемелового горизонта в районах проявления верхнечетвертичного (эффузивного) и верхнетретичного (интрузивного) магматизма как по абсолютным, так и по относительным значениям превышает бороносность углекислых вод вне развития этого магматизма. (табл.5).

Таблица 5

Бороносность углекислых вод верхнемелового горизонта артезианских бассейнов Армянской складчатой зоны

Показатели	Севано-Ширакский бассейн (вне развития верхнечетвертичного эффузивного и верхнетретичного интрузивного магматизма)	Бассейны районов верхнечетвертичного эффузивного и верхнетретичного интрузивного магматизма	
		Даралагезский	Ордубадский
Содержание бора, мг/л	I0 (Желтая речка)	I20 (Орбатех)	I50 (Джульфа)
Коэффициент $\frac{B}{M} \cdot I0^4$	28,7	I00	75

Геотермические особенности

Рассматривая влияние геотермических условий на формирование бороносных вод следует учитывать связь бороносности вод с их температурой и с общим геотермическим режимом Малого Кавказа.

Связь бороносности вод с их температурой проявляется весьма редко в отдельных бассейнах при одинаковом химизме и минерализации. Наиболее бороносные углекислые воды описываемого района имеют температуру не более 26^0 (Джульфа) и 24^0 (Двин). В то же время высокотемпературные (64^0) углекислые воды содержат незначительные количества бора (Джермук, Исти-Су).

Связь бороносности углекислых вод с общим геотермическим режимом наиболее характерна для Армянской складчатой зоны. Нормальная геотермическая ступень в пределах этой зоны составляет 25 - 30 м/град. Л.Н.Барабановым (1959) и В.Л.Егояном (1961) показано, что термический режим углекислых вод верхнемелового водоносного комплекса определяется глубиной их погружения, т.е. региональным тепловым полем, поэтому среди артезианских бассейнов с верхнемеловым водоносным горизонтом наибольшей бороносностью обладают бассейны, где этот горизонт наиболее погружен (Даралагезский бассейн). При этом на фоне нормального геотермического режима наблюдается увеличение содержания бора в воде в районах локальных геотермических аномалий. Основными причинами появления этих аномалий являются внедрение магматических масс и неотектонические движения.

Магматические излияния как поверхностные, так и глубинные нарушают тепловое поле, снижая геотермическую ступень. Образовавшиеся при этом геотермические аномалии выравниваются медленно. Поэтому до настоящего времени ощущается тепло корневых частей эффузивных излияний эоцена и внедрившихся интрузивных масс плиоцена (Даралагезский и Ордубадский артезианские бассейны).

Содержание бора в углекислых водах этих бассейнов по сравнению с бассейнами, где нет влияния магматизма указанного возраста, как правило повышено (см.табл.5).

В пределах Малого Кавказа широко распространены геотермические аномалии, возникшие в результате неотектонических движений. Эти аномалии проявляются в пределах массивов сложенных кристаллическими и метаморфическими породами и рассеченных глубинными разломами. К таким участкам неотектонических движений приурочены углекислые воды Анкавана (Арзаканский кристаллический массив) и воды в районе с.Личк (Мегри-Ордубадский массив), т.е. и другие воды, как видно из табл.3 также обладают повышенной бороносностью.

Особенности химического состава углекислых вод

Все высокобороносные воды Малого Кавказа являются гидрокарбонатно-хлоридно-натриевыми и хлоридно-гидрокарбонатно-натриевыми с минерализацией более 10 г/л.

В районах распространения бороносных вод отчетливо наблюдается рост содержаний бора по мере увеличения общей минерализации вод (рис.I).

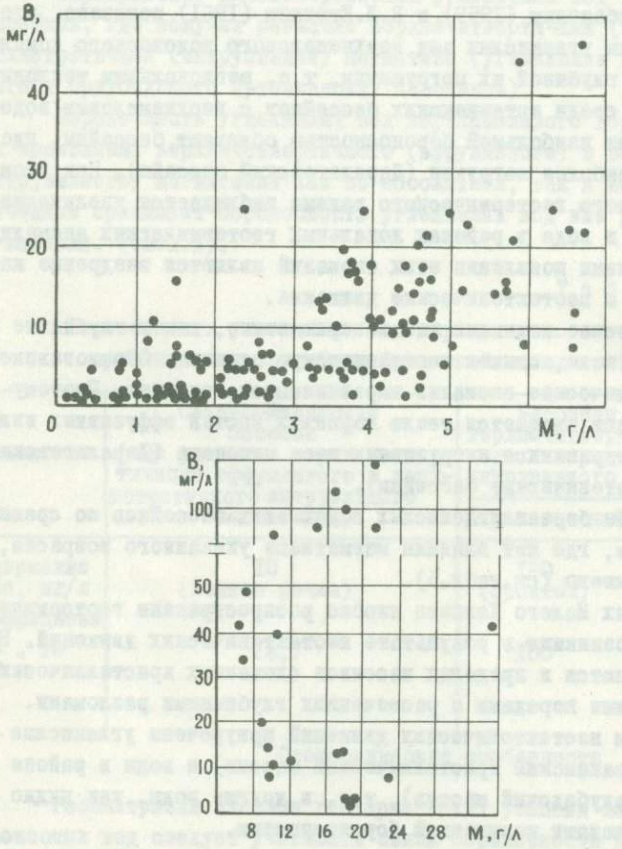


Рис.I. Зависимость содержаний бора от общей минерализации в минеральных водах Малого Кавказа

Содержание бора в углекислых водах находится в прямой зависимости от содержаний некоторых компонентов минерализации, (например, хлора, натрия, гидрокарбоната (рис.2).

Необходимо отметить, что в углекислых водах повышенные концентрации бора ассоциируются с повышенными содержаниями таких элементов как мышьяк.

Кроме того, в газовом составе этих вод появляется метан, иногда арсин. В табл.6 приводятся данные о химическом составе вод Малого Кавказа, характеризующихся наибольшей бороносностью.

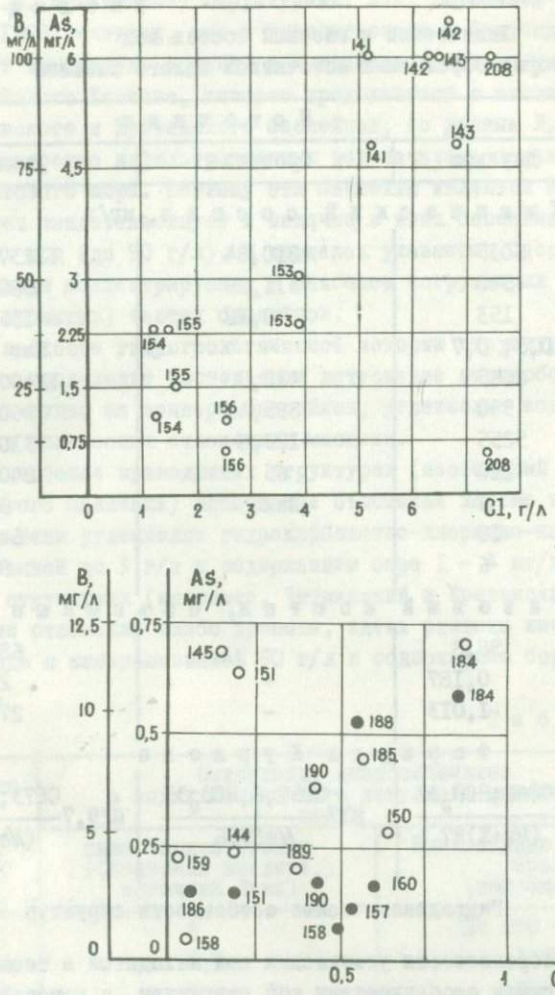


Рис.2. Зависимость содержаний бора и мышьяка от содержания хлора в водах Ордубадского бассейна (Малый Кавказ)

Таблица 6

Химический и газовый состав вод некоторых бороносных источников Малого Кавказа

Компоненты	Источник		
	Джульфа	Орбатех	Двин
	Химический состав, мг/л		
Na + K	6035	42I0,84	II237
Ca	540	3II,29	360
Mg	I53	70,I2	I35
$Fe^{..}$, $Fe^{...}$	0,3; 0,7	-	Нет
Cl	6665	4I8,9	I3400
SO_4	940	895,42	960
HCO_3	5255	4I23,6	73I0
B	I20	65	240
As	6	Мало	3
Br	I8	-	54,0
J	6	-	9,6
	Газовый состав, объемные %		
CO_2	98,8	-	68,25
CH_4	0,I87	-	2,40
N_2	I,0I3	-	27,24
	Формула Курлова		
	$MI7\frac{Cl62;HCO_3 3I}{(Na+K)87}$	$MI7\frac{Cl57,8;HCO_3 33}{Na89,6}$	$M29,7\frac{Cl73;HCO_3 23}{(Na+K)94}$

Гидродинамические особенности структур

Степень бороносности углекислых вод находится в тесной связи с гидродинамическими особенностями той структуры, в которой эти воды формируются.

Артезианские бассейны Армянской складчатой зоны, в которых формируются высокобороносные воды (Дараллагезский, Ордубадский и Чатминский бассейны), являются непроницаемыми или промывающимися (класси-

фикация А.К. Игнатовича) структурами. Л.Н. Барабанов (1959) и А.Б. Авдеева (1960) считают, что в Даралагезском и Ордубадском бассейнах происходит вытеснение древних доплиоценовых вод, обусловленное воздыманием Малого Кавказа, которое продолжается с плиоцена. В пределах Чатминского и Ереванского бассейнов, по данным Л.Н. Барабанова (1959), внедрение инфильтрационных вод началось только после осушения сарматского моря. Поэтому эти бассейны являются наименее промытыми, о чем свидетельствует и наличие в этих бассейнах высокоминерализованных вод (до 90 г/л). В пределах указанных бассейнов высокоборносные воды концентрируются в наиболее погруженных (следовательно, наименее промытых) частях бассейнов.

В процессе гидрогеологической истории структуры по мере ее промывания происходит постепенное вытеснение высокоборносных вод. Это хорошо видно на примере бассейнов, углекислые воды которых формируются в соленосных отложениях миоцена.

В наиболее приподнятых структурах (неогеновый комплекс Севано-Ширакского бассейна) миоценовые отложения хорошо промыты, здесь распространены углекислые гидрокарбонатно-хлоридно-натриевые воды с минерализацией до 3 г/л и содержанием бора I – 4 мг/л. В менее приподнятых структурах (например, Чатминский и Ереванский бассейны) миоценовые отложения слабо промыты, здесь развиты высокоминерализованные воды с минерализацией 90 г/л и содержанием бора до 500 мг/л. (табл.7).

Таблица 7

Компоненты	Содержание микроэлементов в водах неогенового лагунного комплекса, мг/л	
	выше базиса эрозии (Севанская впадина, источник Личк)	Значительно ниже базиса эрозии (источник Двин)
B	4	До 250 – 500
Br	I,7	До 54
J	Нет	До I6,8
As	0,0I	До 3
Формула Курлова		
	$CO_2 0{,}6;M2{,}5\frac{HCO_3 69;Cl3I}{Na42;Mg33;Ca25}$	$CO_2 0{,}I;M32\ \frac{Cl9I}{Na95}$

Учитывая приуроченность наиболее бороносных вод к осадочным породам и тяготение их к очагам магматизма, можно полагать, что основной причиной обогащения вод бором в пределах Малого Кавказа является выщелачивание осадочных пород, при этом выщелачивание резко активизируется в условиях наложения магматических процессов.

3. Районы, *перспективные на промышленные бороносные воды*

Имеющиеся материалы по Малому Кавказу позволяют ориентировочно выделить следующие участки перспективные на промышленные бороносные воды: Джульфинский (Ордубадский бассейн), Горбатехский (Даралагезский бассейн), Двинский (Чатминский бассейн), Птгни (Ереванский бассейн).

На Джульфинском участке имеется несколько скважин, дающих воду из верхнемелового водоносного горизонта с содержанием B_2O_3 250 - 480 мг/л. Основные ресурсы приурочены к небольшому участку - осевой зоне смятия антиклинальной структуры.

Принимая во внимание существующие кондиции, воды Джульфинского месторождения не могут считаться промышленными, но учитывая значительные расходы скважин при самоизливе, а также данные результатов технологических исследований на Горбатехских источниках (Даралагезский бассейн), можно полагать, что извлечение бора из Джульфинских вод может быть рентабельным.

На Горбатехском участке в результате бурения было получено большое количество углекислой воды с минерализацией до I0 - I2 г/л с содержанием B_2O_3 220 - 400 мг/л.

Воды Горбатехского участка не удовлетворяют кондиционным требованиям, предъявляемым к промышленным водам. Однако, учитывая значительные расходы углекислых вод на самоизливе в Институте химии (при Совнархозе Армянской ССР) под руководством Манвеляна были проведены технологические исследования, показавшие рентабельность извлечения бора из вод Горбатехского участка.

Двинский участок характеризуется развитием высокоминерализованных (до 30 г/л) углекислых вод с содержанием B_2O_3 до I500 мг/л.

Эти воды формируются в миоценовых нормально-осадочных и гипсоносных отложениях Чатминского артезианского бассейна. Незначительные расходы Двинских источников объясняются небольшими размерами водосборной площади этого бассейна.

Перспективы использования вод Двинского участка очень ограничены, несмотря на высокие концентрации в них бора. Дальнейшие работы должны быть направлены на бурение для увеличения дебита бороносных вод.

На участке Птгни в 1961 г. экспедицией "Нефтеразведка" Армянского геологического управления пробурены скважины, которые из соленосно-гипсоносной толщи миоцена (глубина 1160 - 1200 м) вывели высокоминерализованную (47,6 г/л) углекислую воду с содержанием бора 62 мг/л. Учитывая относительно низкие содержания бора (а также и йода), использование углекислых вод участка Птгни нерентабельно.

Таким образом, наиболее перспективными в отношении обнаружения промышленных вод являются участки, где развиты углекислые гидрокарбонатно-хлоридно-натриевые и хлоридно-гидрокарбонатно-натриевые воды с минерализацией более 10 г/л и обладающие высокими содержаниями бора, мышьяка, брома, йода. В газовом составе этих вод помимо углекислоты часто присутствует метан (см.табл.6).

Задачи при поисках промышленных бороносных вод в верхнемеловом и эоценовых водоносных горизонтах, исходя из гидрогеологических особенностей этих комплексов, различны.

Основной задачей при поисках этих вод в верхнемеловом водоносном комплексе являются поиски высоких содержаний бора, брома, йода. Учитывая это, целью буровых работ должно быть вскрытие вод нижних гидрохимических зон этого комплекса, где формируются наиболее высокоминерализованные воды с максимальными содержаниями бора, брома, йода. Проблема запасов в данном случае менее существенна, так как обычно воды верхнемелового водоносного комплекса обладают значительными расходами.

Основной задачей при поисках промышленных бороносных вод в миоценовом водоносном комплексе должно быть обнаружение достаточных запасов вод с повышенным содержанием бора.

Литература

Авдеева А.Б. Гидрогеология основных месторождений углекислых вод Нахичеванской АССР. Канд.дисс., 1960.

Асланян А.Т. Региональная геология Армении. Ереван, 1958.

Бакрадзе И.В. и Чубинидзе Ш.Р. Характеристика термальных вод некоторых районов Грузинской ССР. "Проблемы геотермии", т.2, АН СССР, 1961.

Барабанов Л.Н. Термальные и минеральные воды Малого Кавказа. Канд.дисс., 1959.

Валяшко М.Г. Геохимия бора. Сб."Бор, его соединения и сплавы", Киев, АН УССР, 1960.

Валяшко М.Г. Геохимия брома в процессе галогенеза и использование содержаний брома в качестве генетического и поискового критерия. "Геохимия", 1956, № 6.

Врублевский М.И. О вертикальной гидрохимической зональности в гидрогеологических бассейнах горных стран. Вестник ЛГУ, сер.геол.,т.13, вып.3, 1960.

Габриэлян А.А. Тектоническое районирование Антикавказа (Мал.Кавказ) и его положение в системе альпийского орогенеза. Изв.АН Арм.ССР, сер.геол.-географ. 1961, № 4.

Гуревич М.Г. и Кац Г.В. Геохимическая характеристика природных газов Армении. Изв.АН Арм.ССР, сер.геол.-географ., 1959, № 2.

Демехин А.П. Минеральные воды бассейна р.Арпа. Ереван, 1958.

Егоян В.Л. Глубинные разломы на территории Армении и сопредельных стран и геотектоническая зональность альпийского этапа их развития. Сб."Вопросы геологии и гидрогеологии Арм.ССР", 1956.

Егоян В.Л. Геологические предпосылки к постановке геотермических исследований в Армении. Сб."Проблемы геотермии", т.2, 1961.

Игнатович Н.К. Зональность, формирование и деятельность подземных вод в связи с развитием геоструктуры. Сб."ВСЕГИНГЕО" № 13, 1950.

Коржинский Д.С. Очерк метасоматических процессов. Сб."Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях" АН СССР, 1955.

Крайнов С.Р. и Королькова М.Х. О закономерностях распространения некоторых микроэлементов в углекислых водах Армении. Изв.АН Арм.ССР, сер.геол.-геогр.наук, № 4, 1962.

Крайнов С.Р. и Капранов С.Д. Применение гидрохимического метода для поисков месторождений бора. "Советская геология", 1962, № 8.

К р а с и н ц е в а В.В. *О накоплении бора в минеральных* водах в результате выделения его из осадочных пород. Сб."Проблемы гидрогеологии", АН СССР, 1960.

М и л а н о в с к и й Е.Е. *Основные* черты истории плиоценового и антропогенового вулканизма М.Кавказа. Мат-лы межвед.совещания по изучению четвертичного периода, 1961.

О в ч и н н и к о в А.М. Зональность минеральных вод М.Кавказа. Докт.дисс., 1943.

П а ф ф е н г о л ь ц К.Н. Геологический очерк Кавказа. *Ереван*, 1959.

Х и т а р о в Н.И. Химическая природа растворов, возникающих в результате взаимодействия воды с горными породами при повышенных температурах и давлениях. "Геохимия", 1957, № 6.

Ч и х е л и д з е С.С. Минеральные воды Грузии. Природные ресурсы Груз.ССР, т.3, 1962.

Ч и ч у а Т.Е. Опыт изучения минеральных вод Северного склона Аджаро-Имеретинского хребта и вопросы зональности минеральных вод Грузии. Сб.Пер.Гос.науч.-исслед.ин-т курортологии и физиотерапии Груз.ССР, т.22, 1955.

Щ е р б а к о в А.В. Гидрогеохимические исследования при поисках и разведке подземных бороносных вод.Госгеолтехиздат, 1961.

К.Е.Питьева

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИИ БОРА В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Гидрогеологические условия территории Предкавказского предгорного прогиба в целом определяются геолого-структурной обстановкой, литологическим и минералогическим составом пород, климатическими факторами, что отражалось на формировании подземных вод в течение длительной геологической истории и привело в настоящее время к образованию водоносных комплексов с определенными свойствами.

Приводимые ниже особенности питания, передвижения, разгрузки и залегания подземных вод в целом характеризуют гидрогеологические условия территории Предкавказья.

Основная область питания мезозойских водоносных комплексов приурочена к их выходам в пределах Кавказских гор, дополнительное питание этих комплексов происходит за счет поступления атмосферных осадков из района Ставропольской возвышенности.

В Восточном Предкавказье движение подземных вод мезозоя направлено с Кавказских гор, Ставропольской возвышенности и с северо-восточного отрога возвышенности в наиболее погруженную часть прогиба, которой является осевая зона прогиба и прилегающая к ней территория.

В Западном Предкавказье подземный сток мезозоя происходит аналогичным образом с той только разницей, что он направлен на запад и получает дополнительное питание (хотя, по-видимому, и незначительное) со стороны Русской платформы.

Водоносные комплексы третичных отложений по сравнению с водоносными комплексами мезозойских отложений имеют большие площади питания, но в целом сохраняют гидрогеологические черты, присущие мезозойским водоносным комплексам. Разгрузка мезозойских и кайнозойских подземных вод Предкавказья в прошлом и в настоящее время осуществлялась и осуществляется в вышележащие комплексы через тектонические нарушения, возникавшие при формировании структур предгорного прогиба, а также в региональном плане, через относительно слабопроницаемые породы.

Химический состав рассматриваемых подземных вод разнообразен. Для этих вод характерно его изменение от областей питания атмосфер-

ной влагой в направлении стока. В областях питания атмосферной влагой подземные воды, как правило, пресные и слабоминерализованные, с преобладающим гидрокарбонатным натриевым составом. В областях глубокого погружения они сильно минерализованы, хлоридного натриевого состава, часто с повышенным содержанием кальция.

Распространение бора в подземных водах

На территории Предкавказья практически отсутствуют воды, в которых бы не присутствовал бор. Однако содержание его в подземных водах сильно колеблется. Максимальное его количество исчисляется в 600 мг/л и больше, минимальное – несколькими сотыми долями миллиграммов в I л воды.

Подземные воды мезозойских отложений характеризуются относительно низкими содержаниями бора. В нижнемеловом водоносном комплексе бор содержится в количествах от нескольких единиц миллиграммов в I л воды в областях питания до I24 мг/л в районах погружения.

Наибольшие величины бора (70 - I24 мг/л) отмечены в районах: Березанском (Западное Предкавказье); Зимняя ставка, Величаевка (Восточное Предкавказье); Огни, Хошмензил (Дагестан).

Среднее содержание бора (20 - 60 мг/л) характерно для Каневского, Ленинградского, Убинского, Ново-Щербиновского, Глубокоярского районов Западного Предкавказья и для районов Озек-Суат и Величаевка Восточного Предкавказья.

Минимальные количества бора (до I5 мг/л) наблюдаются в Ширванском, Тульском, Нижегородском, Ново-Минском районах Западного Предкавказья.

Бороносность подземных вод верхнемелового водоносного комплекса изучена слабо. Имеются сведения о содержании бора в водах источников по р.Аргунь, где оно составляет 0,7 - 4 мг/л.

В области погружения верхнемелового водоносного комплекса содержание бора более высокое. Так, в Хадыженском районе оно равно 8 мг/л, в Варениковском достигает 46,I4 мг/л. Наиболее высокое содержание бора (65 - 87 мг/л) наблюдается в Карабулак-Ачалукском и Заманкульском районах Восточного Предкавказья, в Берикейском и Хошмензильском районах Дагестана.

Выделяются по содержанию бора меловые подземные воды, имеющие связь с грязевыми вулканами. Воды грязевых вулканов изучались в райо-

не Западного Предкавказья в пределах ряда грязевых сопок (Гладковская, Семигорье, Шуго и др.). Подземные воды стратиграфически приурочены к нижнему, реже верхнему мелу. Содержание бора в водах этих сопок, как правило, высокое (в районе Семигорья до 600 мг/л).

Кумский водоносный комплекс отличается от других водоносных комплексов повышенным содержанием бора, которое изменяется в пределах комплекса от 26,5 до 321,4 мг/л и более. Наибольшее его содержание отмечено в подземных водах, приуроченных к площади, занятой Глубокоярской структурой (100 - 360 мг/л).

Восточнее, на территории Восточно-Северской структуры, содержание бора в водах понижается до 65-190 мг/л. Еще восточнее в пределах Ново-Дмитриевской структуры, оно изменяется от 38,8 до 154 мг/л.

Подземные воды чокракского и караганского водоносных комплексов изучались в районах Западного и Восточного Предкавказья и на территории Дагестана. Повышенное содержание бора (45-147 мг/л) отмечается в водах этих комплексов, распространенных в пределах Западного Предкавказья. Подземные воды Терско-Сунженской области, а также структур Махачкала и Изберг в Дагестане содержат бора около 36 мг/л.

Некоторые особенности миграции бора в подземных водах.

По химическим свойствам подземные воды сгруппированы нами в четыре группы.

Подземные воды первой группы характеризуются максимальной общей минерализацией 15 г/л и гидрокарбонатным натриевым составом. Распределение ионов в этих водах следующее (в экв.%): Na^{+} 70 - 80; Mg^{++} 10 - 20; Ca^{++} 10 - 20; Cl^{-} 20 - 30; SO_4^{--} 10 - 20; $HCO_3^{-}+CO_3^{--}$ 60 - 70.

Подземные воды второй группы имеют общую минерализацию 15-35 г/л. В их составе преобладают хлор и натрий. Эта группа отличается повышенным содержанием гидрокарбонат-иона. Средний ионный состав (в экв.%): Na^{+} 95-99; Mg^{++} 0,5; Ca^{++} 1,5; Cl^{-} 40-60; SO_4^{--} 1,0; $HCO_3^{-}+CO_3^{--}$ 39-59.

К третьей группе отнесены подземные воды с общей минерализацией 35-80 г/л и преобладанием в их минеральном составе хлористого натрия. Соотношение в этих водах ионов следующее (в экв.%): Na^{+} 85-90; Mg^{++} 3 - 5; Ca^{++} 10 - 15; Cl^{-} 80; SO_4^{--} 5; $HCO_3^{-}+CO_3^{--}$ 10 - 15.

Подземные воды четвертой группы имеют общую минерализацию более 80 г/л. Для этой группы характерны хлоридные натриевые воды с повышенным содержанием кальция. Распределение ионов здесь следующее (в экв.%): Na^{+} 80-85; Mg^{++} 1-2; Ca^{++} 2-4; Cl^{-} 99; SO_4^{--} 0-0,5; $HCO_3^{-}+CO_3^{--}$ 0,5-1.

Из-за различия природной обстановки в подземных водах рассматриваемых водоносных комплексов накопление бора неоднозначно по отношению к их минеральному составу.

В нижнемеловом и верхнемеловом водоносных комплексах содержание бора в водах относительно равномерно и постепенно увеличивается по мере возрастания их общей минерализации. Отношение бора к основным ионам ($Na^{+}+K^{+}$; Ca^{2+} и Mg^{2+}; Cl^{-}; SO_4^{2-}; $HCO_3^{-}+CO_3^{2-}$) в подземных водах этих комплексов видно из рис.I.

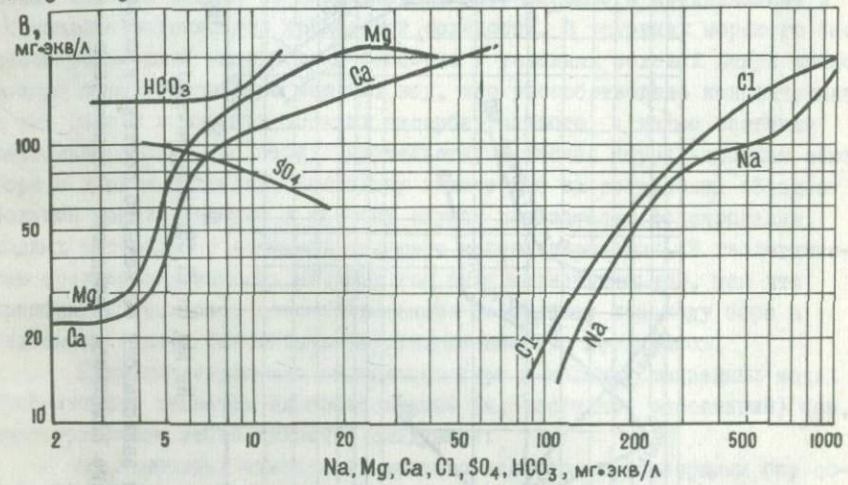


Рис.I. Схема распределения бора в зависимости от ионного состава в подземных водах нижне- и верхнемелового водоносных комплексов Предкавказья

В кумском, чокракском и караганском водоносных комплексах наблюдается неравномерность, скачкообразность в поведении бора относительно общей минерализации этих подземных вод, что подтверждается рис.2.

Кратко следует остановиться на отношении бора к органическому веществу, поскольку до настоящего времени многие исследователи связывают с ним наличие бора в подземных водах. Поведение во всех рассматриваемых подземных водах Предкавказья бора и органического вещества одинаково; как правило, при возрастании содержания бора возрастает содержание в водах органического вещества.

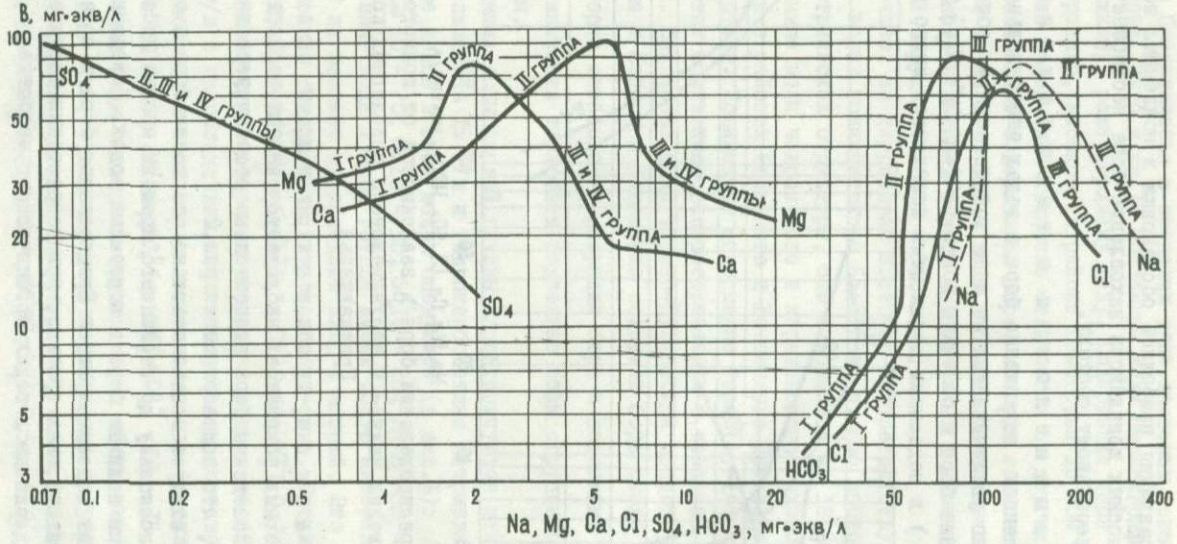


Рис.2. Схема распределения бора в зависимости от ионного состава в подземных водах Кумского водоносного комплекса Западного Предкавказья

Генетические типы бороносных подземных вод

В нижнемеловом и верхнемеловом водоносных комплексах Предкавказья накопление бора в водах происходит преимущественно за счет адсорбированного бора. Это объясняется в первую очередь обстановкой, в которой формировались меловые, особенно нижнемеловые осадки. В районе Затеречной равнины и Южного Дагестана формирование шло в обстановке соленых лагун, на территории Северо-Западного Предкавказья в обстановке морских вод повышенной солености. В условиях морского бассейна повышенной солености и особенно в условиях соленых лагун происходило концентрирование морских вод, что способствовало концентрации в них бора и в морских осадках адсорбированного, а также частично рассеянного бора. Об этом свидетельствует тесная корреляционная связь бора с литием и хлором, поскольку химические их соединения обладают большой растворимостью и поэтому служат показателем формирования водных растворов в условиях сильного концентрирования. В геологическом прошлом подвижность меловых вод была незначительной, так что преобладали условия, способствовавшие умеренному переходу бора в подземные воды и относительному сохранению его источников.

Главным источником накопления бора в меловых подземных водах Предкавказья является адсорбированный (и, частично, рассеянный) бор, подтверждением этого является следующее:

а) в породах нижнего и верхнего мела водорастворимый бор составляет большой процент от общего бора. Так, в Каневском районе он составляет 83% от общего бора, в Ленинградском районе почти весь бор переходит в раствор. В целом для меловых пород характерны близкие значения водорастворимого и общего бора;

б) количество водорастворимого бора, которое в настоящее время может перейти из I $м^3$ породы в I л подземной воды нижнего мела равно 118,3 - 224,5 мг (табл.I), т.е. довольно большое и превышает среднее содержание бора в современных подземных водах меловых водоносных комплексов;

в) отсутствие возможности существенного питания вод бором из органического вещества из-за незначительного содержания последнего в меловых отложениях (тысячные, реже сотые доли процента). Об этом свидетельствуют низкие значения корреляционных связей (0,I; 0,28; 0,38) между бором и органическим веществом;

Таблица I

Данные о накоплении бора в подземных водах нижнемелового водоносного комплекса

Группа воды	Удельный вес породы	Пористость, %	Вес сухой породы в I м³, кг	Количество воды в I м³ породы, л	Среднее содержание бора в породе, %	Среднее содержание бора в I м³ породы, г	Количество бора в I л воды, мг
	По данным водной вытяжки						
II	2,6	2I	2054	2I0	0,0025	5I,35	244,5
III-IУ	2,6	26	2050	260	0,00I5	30,75	II8,3
	По данным спектрального анализа						
II	2,6	2I	2054	2I0	0,003	6I,62	293,4
III-IУ	2,6	26	2050	260	0,00I	20,5	78,8

Таблица 2

Данные о накоплении бора в подземных водах кумского водоносного комплекса

Группа воды	Удельный вес породы	Пористость, %	Вес сухой породы в I м³, кг	Количество воды в I м³ породы, л	Среднее содержание бора в породе, %	Среднее содержание бора в I м³ породы, г	Количество бора в I л воды, мг
	По данным водной вытяжки						
II	2,6	26	2050	260	0,00I7	34,85	I34
III	2,6	I0	2340	I00	0,0003	7,02	70,2
	По данным спектрального анализа						
II	2,6	26	2050	260	0,0I2	24,6	946,2
III	2,6	I0	2340	I00	0,008	I87,2	I872

г) питание меловых подземных вод за счет минерального бора практически невозможно, несмотря на наличие его (в виде турмалина) в меловых отложениях, что объясняется отсутствием или малым количеством агрессивной углекислоты (в присутствии которой воды способны разрушать прочные минеральные соединения) в глубоко погруженных меловых водоносных комплексах;

д) высококонцентрированные хлоридные натриевые подземные воды меловых комплексов как гидрохимическая среда не представляют препятствия для перехода и накопления в них воднорастворимого бора (адсорбированного и рассеянного).

В обогащении подземных вод кумского водоносного комплекса бором в отличие от меловых водоносных комплексов большую роль играет минеральный бор, повышена роль адсорбированного бора; органический бор имеет наименьшее значение. Подтверждением значительной роли минерального источника бора является следующее:

а) довольно высокое (0,04 %) содержание в породах общего бора, причем процент воднорастворимого бора от общего составляет всего 11,3. Учитывая, что процент органического бора в этих водах ничтожен, можно сказать, что приблизительно 85 % бора в породах кумской свиты представлено минеральным бором. Об этом свидетельствует, во-первых, высокое содержание турмалина в тяжелой фракции пород кумской свиты; во-вторых, соответствие в содержании турмалина и общего бора в породах свиты на различных участках: в Глубокоярском районе содержится турмалина 12 %, общего бора 0,037 %; в Ново-Дмитриевском районе турмалина 2 %, общего бора 0,01 %;

б) тесная связь между содержанием бора в подземных водах и турмалина в породах. Так, в районе Глубокоярской структуры бора в водах содержится в среднем около 200 мг/л, а турмалина в тяжелой фракции пород 12 %; в районе Ново-Дмитриевской структуры бора в водах в среднем около 87,7 %, а турмалина в породах 2 %. Из этого количества 97,5 мг бора приходится на минеральный бор;

в) количество общего бора, которое может перейти в 1 л воды кумского водоносного комплекса из 1 $м^3$ породы составляет 946,2 - 1872 мг (табл.2), что значительно превышает содержание бора в современных подземных водах кумской свиты;

г) палеогеографические условия в период развития кумского водоносного комплекса и современные гидрогеологические условия способствовали и способствуют переходу минерального бора в подземные воды.

Особенно это характерно для района Глубокоярской структуры, где преобладают повышенные скорости движения вод и довольно быстро меняется их состав, в этих водах содержится значительное количество CO_2 и HCO_3. Свободная углекислота разрушающим образом воздействует на минеральные соединения бора, а гидрокарбонатный состав способствует накоплению бора в водах.

Роль адсорбированного бора в качестве источника бора в кумских подземных водах довольно существенна, о чем свидетельствуют повышенные содержания водорастворимого бора (70,2 - 134 мг в 1 $м^3$ породы), предрасположенного к переходу в подземные воды (см.табл.2).

Об участии органического вещества в формировании бороносных подземных вод кумского водоносного комплекса свидетельствует тесная связь поведения бора и органического вещества в водах и породах, а также большая (0,75) величина корреляционной связи для бора и органического вещества в воде, рассчитанная для третичных подземных вод (включая и кумский водоносный комплекс Западного Предкавказья). Повышенная роль органического вещества в питании бором подземных вод кумской свиты подтверждается относительно высоким содержанием органического вещества в породах и водах кумского водоносного комплекса (0,184 % в породах и 36,5 мг/л в водах), что значительно превышает содержание органического вещества в водах и породах мелового, а также чокракского и караганского водоносных комплексов.

Чокракский и караганский водоносные комплексы в отношении генезиса в их водах бора разнообразны, так как на разных участках повышена роль различных источников бора. В связи с этим выделяются две группы районов: первая, где основная роль в обогащении вод бором принадлежит минеральному бору и вторая, где основную роль играет адсорбированный бор. На описываемой территории к первой группе относятся Терско-Сунженская область в Восточном Предкавказье и Глубокоярский район в Западном Предкавказье; ко второй группе - Северо-Ахтырский и Ахтырско-Бугундырский районы в Западном Предкавказье.

Подтверждением большого участия минерального бора в формировании бороносных вод первой группы районов является следующее:

а) формирование осадков, рассматриваемых комплексов в прибрежных условиях и в условиях повышенной вулканической деятельности, что способствовало обогащению эндогенными борными минералами, в частности турмалином;

б) соответствие в распределении бора в водах и турмалина в породах: в водах Глубокоярского района бора содержится в среднем около 80 мг/л, турмалина в тяжелой фракции пород около 7 %; в водах Терско-Сунженской области бора около I4 мг/л, турмалина в тяжелой фракции пород около 2 %;

в) наличие в пределах рассматриваемых участков благоприятных условий для разрушения турмалина, перехода бора в воды и накопления бора в водах; благоприятные условия возникают при содержании в водах повышенных количеств агрессивной углекислоты, наличии высоких температур и давлений.

В районе Глубокоярской структуры подземные воды сильно обогащены бором, в районе Терско-Сунженской области содержание бора в водах мало. Объясняется это обстоятельство различием в интенсивности передвижения подземных вод.

Большая подвижность чокракских и караганских подземных вод в Терско-Сунженской области способствовала интенсивному выносу бора с территории, в связи с чем к настоящему времени бором в значительной степени обеднены породы и воды. Умеренная подвижность подземных вод в районе Глубокоярской структуры благоприятна для равномерного разрушения источников бора и накопления бора в водах.

Об относительно большой роли адсорбированного бора в формировании бороносных подземных вод Северо-Ахтырского и Ахтырско-Бугундырского районов свидетельствует следующее:

а) повышенное содержание воднорастворимого бора в породах, вмещающих воды третьей группы (0,00072 %) и относительно повышенное количество бора (74,9 мг/л), которое может в настоящее время появиться в подземных водах этой группы за счет воднорастворимого бора (табл.3);

б) гидрохимическая обстановка, представленная концентрированными хлоридными натриевыми водами, неблагоприятна для воздействия на минеральные источники бора и благоприятна для перехода в воды воднорастворимого бора;

в) формирование морских осадков чокрака и карагана в рассматриваемых районах происходило в морских водах повышенной солености; эти районы были удалены от разрушаемой суши, что обусловило преобладание илистых осадков. Такие условия были благоприятны для адсорбции илами бора. Этот адсорбированный бор в прошлом и в настоящее время является источником бора в подземных водах.

Таблица 3

Данные о накоплении бора
в подземных водах чокракского и караганского водоносных комплексов

Группа воды	Удельный вес породы	Пористость, %	Вес сухой породы в 1 м³, кг	Количество воды в 1 м³ породы, л	Среднее содержание бора в породе, %	Среднее содержание бора в 1 м³ породы, г	Количество бора в 1 л воды, мг
			По данным водной вытяжки				
I	2,6	30	I820	300	0,00008	I,456	4,9
	2,6	30	I820	300	0,0006	II,0	36,7
II	2,6	30	I820	300	0,000I2	2I,84	72,8
III	2,6	20	2080	200	0,00072	I4,976	74,9
			По данным спектрального анализа				
I	2,6	30	I820	300	0,006	77,2	257,3
II	2,6	30	I820	300	0,008	I45,6	484,0
III	2,6	20	2080	200	0,0085	I76,8	884,0

Таким образом, подземные воды Предкавказья различны в отношении источников бора. В меловых подземных водах преобладает в качестве источника адсорбированный, меньше рассеянный бор. В третичных водоносных комплексах на территориях, примыкающих к Большому Кавказу, значительная роль в формировании бороносных вод принадлежит минеральному бору, а на территории, удаленной от Кавказских гор, в областях глубокого погружения водоносных комплексов, адсорбированному бору. Участие органического вещества в формировании бороносных вод равномерно на всей территории Предкавказья.

И.Г.Киссин

БОРОНОСНОСТЬ ГЛУБОКИХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВОСТОЧНОГО И ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

В глубоких водоносных горизонтах Восточного и Центрального Предкавказья широко распространены бороносодержащие воды. В пределах этого региона выделяют водоносные комплексы - палеозойский, юрский, нижнемеловой, верхнемеловой, палеоцен-эоценовый, майкопский. Палеозойский комплекс сложен метаморфизованными и дислоцированными породами, остальные комплексы - терригенными и карбонатными породами.

В глубоких водоносных горизонтах региона установлено движение вод в северо- северо-восточном направлении - от областей питания, расположенных на северных склонах Кавказского хребта, к области частичной разгрузки, приуроченной к валу Карпинского, и далее к низовьям Волги. Воды этих горизонтов имеют высокую температуру, достигающую на вскрытых глубинах 150° и более.

Изменение химического состава подземных вод тесно связано с характером их движения. На северном склоне Кавказского хребта, где мезозойские и никнетретичные отложения выходят на поверхность, распространены пресные воды с невысокой минерализацией. Здесь нередко встречаются углекислые минеральные воды. Севернее, где эти отложения погружаются на значительную глубину, минерализация подземных вод резко возрастает, они приобретают хлоридно-кальциево-натриевый состав, растворенные в них газы преимущественно углеводородные.

Воды палеозойских отложений вскрыты одиночными скважинами и почти не опробовались. Химический состав их изучен недостаточно.

Среднеюрские отложения широко распространены в Прикумской равнине и на юге Калмыцкой АССР. В водах этих отложений наблюдается рост общей минерализации к северу и северо-востоку от Озек-Суатского нефтепромыслового района. Содержание большинства компонентов в водах увеличивается вместе с ростом минерализации, однако количество кальция и гидрокарбонатов при этом уменьшается.

В водоносных комплексах меловых отложений выделяется зона слабоминерализованных вод (район Кавказских минеральных вод), где имеются благоприятные условия водообмена. На остальной территории бассейна для всех водоносных горизонтов нижнемеловой толщи характерно

повышение минерализации вод к северо- северо-востоку. Воды наиболее высокой концентрации распространены в восточной части вала Карпинского. Характер изменения минерализации вод для альбского водоносного горизонта нижнемеловой толщи показан на рис.I.

Воды верхнемеловых отложений в западной части региона характеризуются повышением минерализации к северо-востоку до линии Озек-Суат - Песчаное. В области вала Карпинского распространены воды пониженной минерализации.

В палеоцен-эоценовых и майкопских водоносных горизонтах минерализация вод повышается в северном направлении. В майкопской толще наиболее минерализованные воды распространены в центральной части региона - Озек-Суатском районе.

Наблюдается также увеличение с глубиной минерализации и степени метаморфизации подземных вод. Встречаются и участки с аномальным химическим составом вод. Характер и причины гидрохимических аномалий рассматривались нами в предыдущих работах (Киссин, I960 и I962б).

В табл.I приведены характерные анализы вод различных водоносных горизонтов. Общим для них является преобладание ионов натрия и хлора, повышенное содержание кальция и низкая сульфатность. В водах содержатся заметные количества калия (до I300 мг/л), лития (до 37 мг/л), аммония (до I00 мг/л), стронция (до 700 мг/л), марганца (до I0 мг/л), бария (до 290 мг/л), брома (до 360 мг/л), йода (до 60 мг/л), кремниевой кислоты (до I00 мг/л). В качестве следов зафиксированы медь, цинк и некоторые другие элементы.

Бор в подземных водах мезозойских и палеогеновых отложений присутствует повсеместно. Количество борной кислоты в этих водах изменяется от нескольких миллиграммов на I л до 0,8 г/л. Имеющиеся материалы дают довольно четкое представление о распределении вод с различным содержанием бора как по площади, так и на глубину.

В водах среднеюрских преимущественно терригенных отложений максимальные содержания борной кислоты, составляющие 300-400 мг/л, отмечены в полосе, охватывающей Серафимовскую, Гороховскую, Колодезную и Арбалинскую площади (рис.2). К востоку и северу от этого района количество HBO_2 в водах заметно сокращается и достигает минимума в полосе вала Карпинского, где в юрской толще встречены наиболее высокоминерализованные воды с сухим остатком до I60 г/л. Далее к севе-

ро-востоку за пределами Восточного и Центрального Предкавказья (Полдневская и Замьяновская площади) бороносность вод юрской толщи сохраняется на таком же уровне, как и в полосе вала Карпинского (35 - 70 мг/л).

Таким образом, содержание борной кислоты в среднеюрском водоносном комплексе сокращается по мере роста общей минерализации вод. В водах юрских отложений предгорий Северного Кавказа отмечено в районе г.Черкесска 24 - 43 мг/л HBO_2; в районе Нальчика до 240 мг/л HBO_2.

Для нижнемелового водоносного комплекса, приуроченного к терригенным и в меньшей степени карбонатным породам, характерно возрастание общей минерализации вод с глубиной. Гидрохимическая характеристика этого комплекса рассматривалась нами (Киссин, 1962б) ранее самостоятельно для каждого водоносного горизонта. Однако изменения в содержании бора с глубиной в этих водах не наблюдается. Максимальные качества борной кислоты, превышающие 600 - 700 мг/л, содержат воды нижнемеловых отложений в районе Прикумска (рис.3). К западу, северу и северо-востоку от этого района концентрация бора уменьшается. Из сравнения карт бороносности (см.рис.3) и общей минерализации (см.рис.I) становится ясным, что изменение содержания бора и общей минерализации для вод нижнемеловых отложений подчинено разным законам.

Невысокие содержания борной кислоты в водах нижнемеловой толщи характерны для всей полосы вала Карпинского. Однако в отличие от вод юрских отложений бороносность вод нижнемеловых горизонтов в этой полосе уменьшается к западу. Вероятно, это связано с наличием в районе Песчаного (Бузгинского) поднятия зоны пониженной минерализации вод нижнемеловых отложений (см.рис.I) - гидрохимической аномалии, особенности которой рассматривались нами в ранее изданной работе (Киссин, 1960). Для опресненных вод нижнемеловых отложений (район Надзорненского поднятия) характерны небольшие содержания бора.

Помимо полосы широтного простирания, протягивающейся от Северо-Нагутской площади через г.Прикумск к Южно-Сухокумской площади, высокие концентрации борной кислоты в водах нижнемеловых отложений отмечены на Карабулак-Ачалукском месторождении, расположенном к западу от г.Грозного. Можно предполагать, что значительная бороносность вод характерна и для обширной территории, простирающейся между

Таблица I

Характерные химические анализы вод палеогеновых и мезозойских отложений

Место отбора пробы	Сухой остаток, г/л; минерализация, мг·экв	Содержание ионов, г/л мг·экв % экв															
		Li^{+}	Na^{+}	K^{+}	NH_4^{+}	Mg^{++}	Ca^{++}	Sr^{++}	Ba^{++}	Fe^{++}	Mn^{++}	Cl^{-}	Br^{-}	J^{-}	SO_4^{--}	HCO_3^{-}	HBO_2
Георгиевская пл.,	I9,864	0,003	7,009	0,090	0,047	0,054	0,I5I	0,0I3	0,003	Не определялось		I0,25I	0,068	0,0I5	0,0I2	I,965	0,2I7
скв.I, майкоп,	645,04	0,43	304,87	2,30	2,60	4,42	7,55	0,30	0,05			289,II	0,85	0,I2	0,24	32,20	
глубина I709-I734м		0,I3	94,53	0,7I	0,8I	I,38	2,34	0,09	0,0I			89,64	0,26	0,04	0,07	9,99	
Прасковейская пл.,	30,3I6	Не	I0,9I4		0,043	0,II8	0,434	0,039	Не определялось			I7,42	0,09I	0,022	0,020	I,044	0,27I
скв.9, майкоп,	I0I8,38	определялось	474,54		2,33	9,70	2I,72	0,90				490,64	I,I3	0,I7	0,42	I6,83	
глубина I942-I964м			93,I9		0,46	I,90	4,27	0,I8				96,38	0,20	0,03	0,08	3,3I	
Серноводская пл.,	39,824	0,006	I3,62	0,240	0,067	0,080	0,988	0,088	Следы	0,06I	0,00I	22,646	0,08I	0,039	0,608	0,65I	0,575
скв.I0,верхний мел,	I326,65	0,92	592,44	6,I4	3,70	6,58	49,32	2,0I		2,I8	0,04	638,69	I,0I	0,30	I2,66	I0,66	
глубина 2994-3006м		0,I4	89,32	0,93	0,56	0,99	7,43	0,30		0,33	-	96,29	0,I5	0,05	I,9I	I,60	
Расшеватская пл.,	40,688	0,005	I4,345		0,032	0,2II	0,743	0,I45	Не определялось			23,654	0,092	0,0II	0,259	0,64I	0,267
скв.39,нижний мел,	I368,52	0,79	623,95		I,80	I7,32	37,09	3,3I				667,I3	I,I5	0,08	5,40	I0,50	
глубина 2999-2994м		0,I2	9I,I9		0,26	2,53	5,42	0,48				97,50	0,I7	0,0I	0,79	I,53	
Карабулак-	76,56	0,024	26,I38	0,I36	0,08I	0,368	2,I80	0,I35	"	"		44,752	0,I25	0,036	0,883	0,488	0,603
Ачалукская пл.,	2580,77	3,40	II36,86	3,49	4,50	30,27	I08,77	3,09				I262,I5	I,56	0,28	I8,39	7,I0	
скв.4I,нижний мел,		0,26	88,II	0,27	0,35	2,35	8,42	0,24				97,82	0,I2	0,02	I,42	0,62	
глубина 2927-20I0м																	
Величаевская пл.,	I09,596	0,037	34,960		0,088	0,6I4	5,952	0,370	0,290	Не определялось		66,684	0,250	0,008	0,I60	0,399	0,349
скв.63,нижний мел,	3780,84	5,33	I520,00		4,9I	50,5I	96,99	8,45	4,23			I878,4I	3,I3	0,05	2,28	6,54	
глубина 3087-3090		0,28	80,4I		0,26	I5,7I	0,45	0,45	0,22			99,36	0,I7	0,00	0,I2	0,35	
Тенгутинская пл.,	85,508	0,008	30,476	0,332	0,069	0,333	2,4I5	0,325	Не определялось			52,739	0,I84	0,002	0,0I8	0,242	0,I78
скв.72,нижний мел,	2987,88	I,22	I325,04	8,5I	3,80	27,42	I20,54	7,4I				I487,28	2,30	0,02	0,38	3,96	
глубина I044-I046м		0,082	88,70	0,57	0,25	I,84	8,07	0,50				99,55	0,I5	0,00I	0,02	0,27	
Максимокумская пл.,	87,932	0,0II	28,2I4		0,I0I	0,497	4,430	0,362	"	"		53,053	0,235	0,007	0,I38	0,228	0,236
скв.5, юра,	3008,I0	I,64	I226,68		5,63	40,80	22I,03	8,27				I494,44	2,94	0,06	2,88	3,73	
глубина 3I50-3I57м		0,II	8I,56		0,37	2,72	I4,69	0,55				99,36	0,I9	0,00	0,20	0,25	
Межевая пл.,	I62,3I6		50,I39	0,2I2	0,093	I,760	8,699	0,470	"	"		98,5I7	0,II2	0,0I5	0,0I5	0,04I	
скв.65, юра,	556I,95		2I80,82	5,44	5,I5	I44,76	434,08	I0,73				2778,49	I,40	0,I2	0,3I	0,67	0,055
глубина I95I-I956			78,42	0,20	0,I9	5,20	I5,6I	0,38				99,9I	0,05	-	0,0I	0,03	

Зсл к127

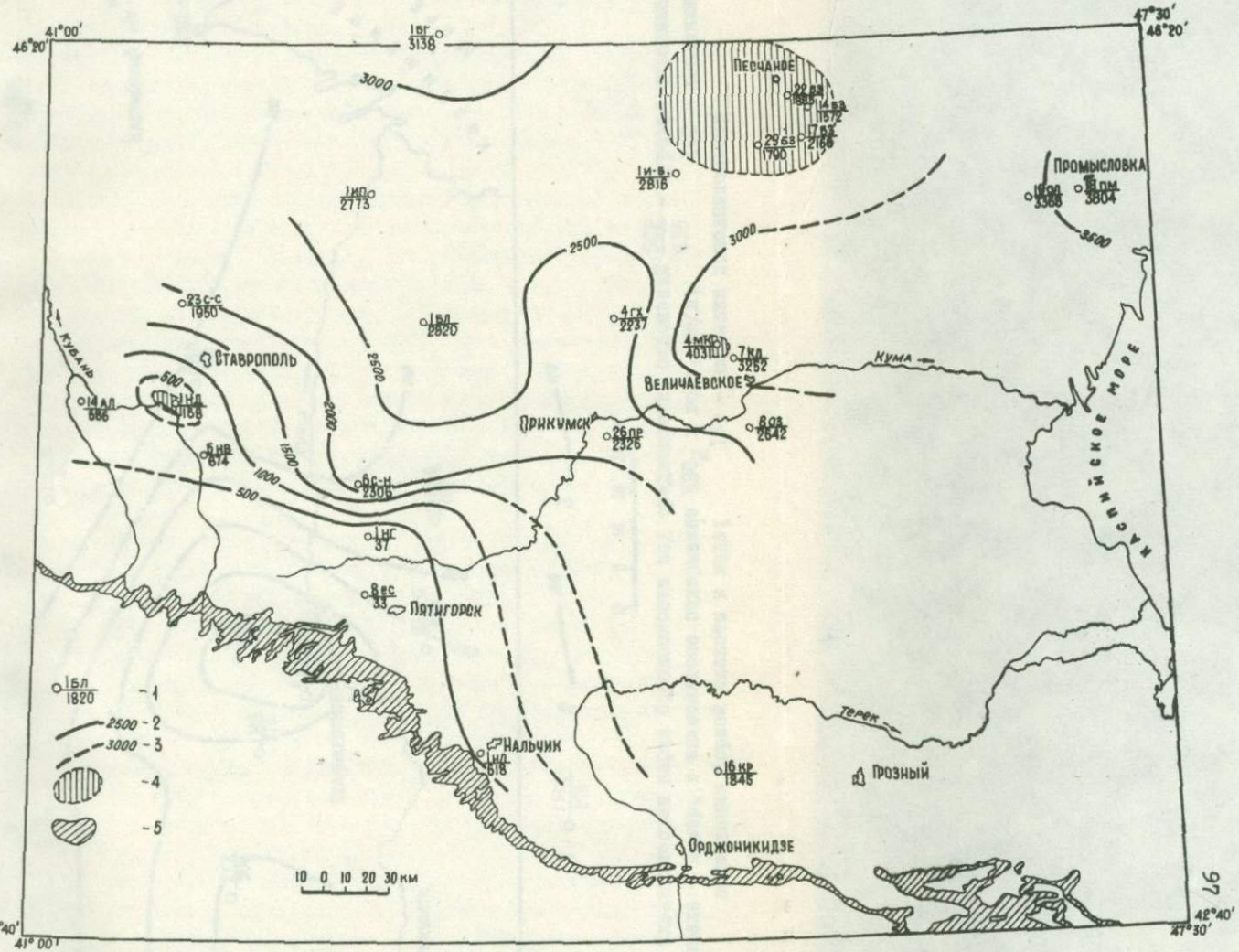


Рис.I. Схематическая карта изменения общей минерализации вод альбских отложений – буровая скважина; в числителе – номер, в знаменателе – общая минерализация воды, мг·экв/л; 2500 – изолинии общей минерализации; 3000 – изолинии предполагаемые; – зоны гидрохимических аномалий; – выходы нижнемеловых отложений.

Сокращенные наименования нефтяных месторождений и разведочных площадей на картах (рис.I–4): АБ – Арбали, АР – Артезиан, АЛ – Александровская, АК – Ачалуки, БЛ – Благодарненская, БЗ – Бузгинская, БП – Безопасненская, ВЛ – Величаевская, ГХ – Гороховская, ГР – Георгиевская, З.С. – Зимняя Ставка, И–Б – Ики–Бурул, ИП – Ипатовская, КЛ – Колодезная, К.К. – Красный Камышаник, КП – Каспийская, КР – Карабулак, ЛК – Левокумская, МК – Максимокумская, МЖ – Межевая, МР – Мирненская, МКЛ – Меклетинская, НД – Надзорненская, НЛ – Нальчикская, ОЛ – Олейниковская, О–С – Озек–Суат, ПР – Прасковейская, ПК – Правокумская, ПТ – Петровская, ПЗ – Приозерская, РС – Расшеватская, РВ – Ровненская, Р.Х. – Русский хутор, С.Б. – Сухая Буйвола, С–Н – Северо–Нагутская, С–К – Суркульско–Кумская, СР – Серафимовская, ТН – Тенгутинская, ЦБ – Цубукская, ЧК – Чкаловская, Ю–С – Южно–Сухокумская

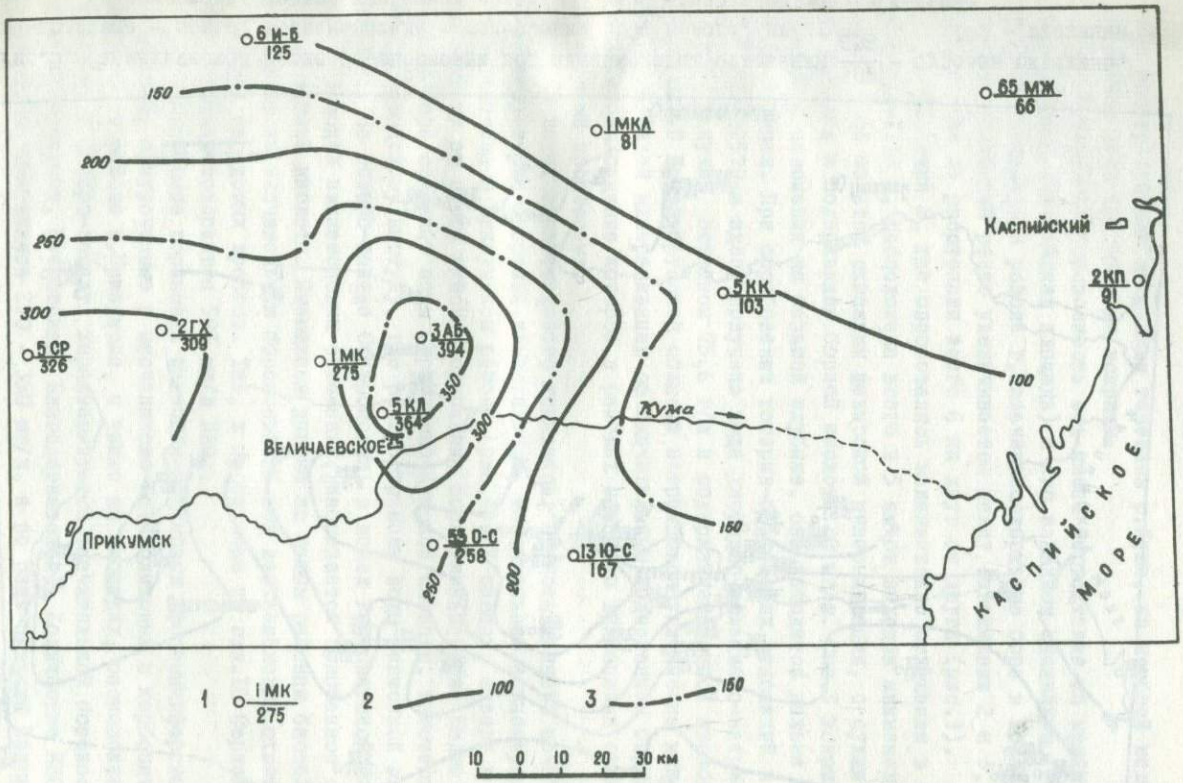


Рис.2. Схематическая карта бороносности вод среднеюрских отложений $\frac{5СР}{635}$ – буровая скважина, в числителе – номер, в знаменателе содержание HBO_2 в воде, мг/л; I00 – изолинии содержания борной кислоты в воде; I50 – изолинии дополнительные

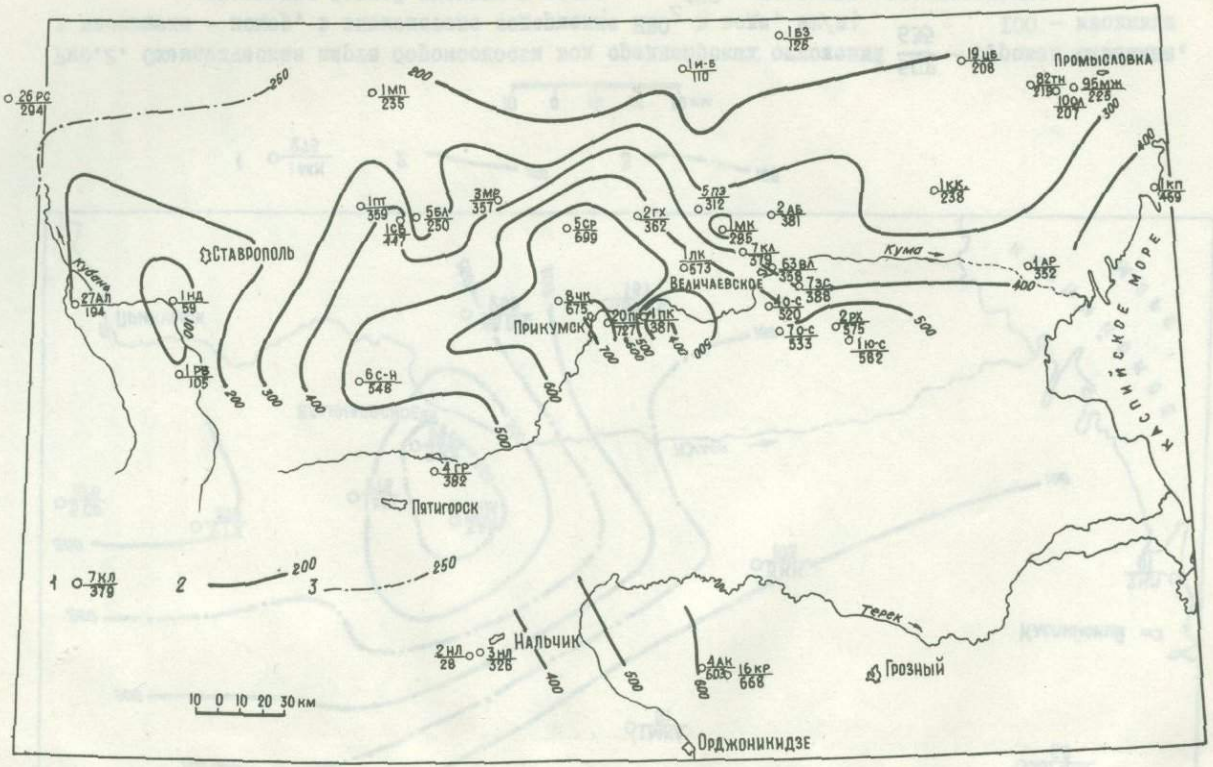


Рис.3. Схематическая карта бороносности вод нижнемеловых отложений $\frac{5СР}{636}$ – буровая скважина, в числителе – номер, в знаменателе – содержание HBO_2 в воде, мг/л; I00 – изолинии содержания борной кислоты в воде; I50 – изолинии дополнительные

этим месторождением и средним течением р.Кумы, на которой меловые отложения пока бурением не вскрыты.

Повышенная бороносность вод имеет место также на крайнем востоке региона (Каспийская площадь) и его западном окончании (Расшеватская площадь). В районе г.Нальчика содержание бора в водах нижнемеловых отложений резко увеличивается между скважинами 2 и 3, расположенными на расстоянии всего 6 км друг от друга (рис.3).

Скважина 2, где опробовались валанжинские отложения в интервале 933-1138 м, расположена всего в 5 км от выходов нижнемеловых пород. Вода из этой скважины невысокой минерализации, с сухим остатком 6,2 г/л и содержанием борной кислоты 28 мг/л. Скв.3 вскрыла нижнемеловые отложения на большой глубине, она находится дальше от области питания. При опробовании готерив-барремских отложений в интервале 2486-2579 м здесь получена вода хлоридно-кальциево-натриевого состава с сухим остатком 75,6 г/л и содержанием борной кислоты 326 мг/л. В Приэльбрусской области встречаются углекислые минеральные воды малой минерализации со значительным содержанием борной кислоты, происхождение которой в районах молодого вулканизма связано с глубинными процессами.

В водах верхнемелового комплекса, представленного почти на всей территории бассейна известняками, максимальная концентрация бора отмечена в Прикумском районе (рис.4). К западу, северу и северо-востоку от этого района содержание бора уменьшается. Малые количества бора содержат воды Суркульско-Кумской площади, тяготеющей к Минераловодскому выступу, где распространены воды невысокой минерализации. На северо-западе Ставрополья, в водах Расшеватской площади, как и в водах нижнемеловых отложений, наблюдается повышенное содержание борной кислоты. Имеющиеся данные по южным районам бассейна указывают на значительную бороносность вод верхнемеловых отложений в районе передовых хребтов. Так, в пробе воды из скв.10 Серноводской площади содержится 581 мг/л HBO_2.

Водоносные горизонты палеоцен-эоценовых (фораминиферовых) отложений, приуроченные к песчаниково-алевролитовым и карбонатным породам, в районе г.Прикумска, а также на площадях, расположенных к северу и северо-западу, характеризуются значительной бороносностью вод (Гороховская, Петровская, Благодарненская). Количество HBO_2 в водах здесь составляет 250 - 350 мг/л, а по ряду скважин Прасковей-

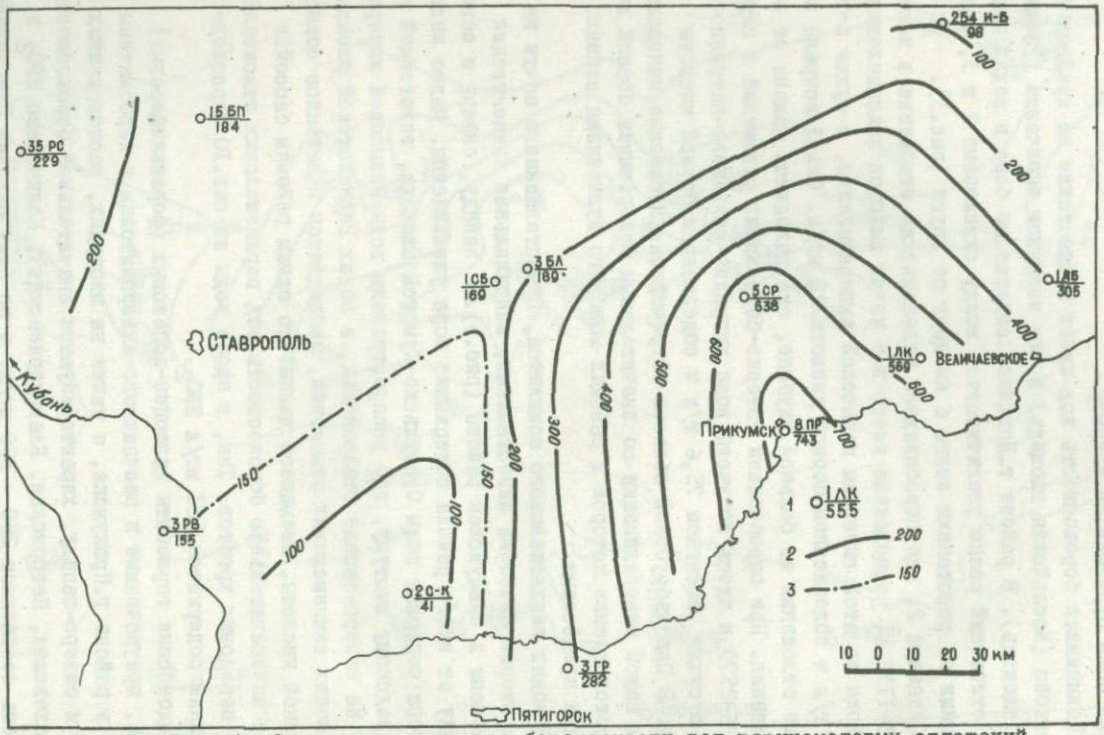


Рис. 4. Схематическая карта бороносности вод верхнемеловых отложений

I - буровая скважина, в числителе - номер; в знаменателе - содержание HBO_2 в воде, мг/л;
2 - изолинии содержания борной кислоты в воде; 3 - изолинии дополнительные

ской и Гороховской площадей в водах палеоценовых отложений достигает 650 мг/л.

В водах майкопских отложений, которые циркулируют в песчаниковых и алевролитовых слоях, залегающих в мощной толще глин, содержание борной кислоты в большинстве районов невысокое. В водах верхнемайкопских отложений Петровской и Благодарненской площадей обнаружено от 8 до 30 мг/л HBO_2. Небольшое количество борной кислоты (14 мг/л) содержится также в водах из скв. I (г.Нальчик), полученной из верхней части майкопских отложений. В водах средне- и нижнемайкопских отложений в районе г.Георгиевска , г.Прикумска и в Озек-Суатском нефтеносном районе содержится от 90 до 370 мг/л борной кислоты. Воды нижнемайкопских (хадумских) отложений Ставропольского поднятия содержат 100 - 200 мг/л HBO_2. Имеющиеся материалы позволяют судить о максимальной концентрации бора в водах майкопской толщи района среднего течения р.Кумы и о тенденции к повышению содержания бора в этих водах с глубиной.

Воды вала Карпинского и Ставропольского поднятия характеризуются невысокой бороносностью. Концентрация бора несколько повышается в водах нижне- и верхнемеловых отложений на западе (Расшеватская площадь) и в водах нижнемеловой толщи - на востоке (Каспийская площадь). Зона с максимальной бороносностью вод (свыше 600 мг/л HBO_2) отмечается в Прикумском районе, где она охватывает толщу от палеоцена до нижнего мела (юрские отложения здесь не имеют сплошного распространения). Содержание бора в водах верхне- и нижнемеловых отложений в большинстве районов имеет очень близкие величины, а в водах юрских отложений оно, как правило, значительно ниже.

Рассмотрим некоторые причины, которые могли способствовать формированию вод с повышенной бороносностью. Известно, что бора содержится больше в осадочных породах, чем в магматических. По данным А.П.Виноградова, наиболее обогащены бором среди осадочных пород морские глины, в которых среднее содержание бора составляет 0,05 %, а в известняках и песчаниках 0,0004 - 0,0005 %.

Имеющиеся данные указывают на относительно невысокое содержание бора в породах Прикумской области. Как видно из табл.2, содержание бора в этих породах не превышает 0,005 - 0,006 %. Таким образом, нельзя считать, что повышенная бороносность вод в этой час-

ти бассейна обусловлена высоким содержанием бора в породах.

Важную роль в формировании бороносных вод играют температурные условия (Красинцева, 1960; Щербаков, 1961 и др.). Известно, что термальные воды часто содержат повышенные количества бора. Значение высоких температур при выщелачивании водами бора из пород было доказано опытами, проведенными В.В.Красинцевой (1960). Температурные условия различных водоносных комплексов в пределах Восточно-Предкавказского бассейна существенно меняются, что связано как с изменением глубины залегания того или иного комплекса, так и с региональными геотермическими особенностями. *Район среднего течения* р.Кумы характеризуется наиболее высокими температурами на глубинах более 2500 м.

Таблица 2

Содержание бора в породах Прикумской области
(анализы выполнены С.И. Ильиной)

Площадь	№ скважины	Глубина отбора, м	Возраст	Тип породы	Содержание бора, %
Прасковейская	6	2421	Хадум	Глина	0,006
		3158	Нижний мел	Песчаник	0,0012
		3231	" "	Алевролит	0,0012
		3320	" "	Аргиллит	0,0028
		3458	" "	Алевролит	0,0012
	28	2366	Эоцен	Известняк	0,0015
		2582	Палеоцен	Аргиллит	0,001
	27	2690	Верхний мел	Известняк	0,0016
Овек-Суат	77	3236	Нижний мел	Песчаник	0,0015
		3344	" "	Песчаник нефтеносный	0,005
		3396	Средняя юра	Песчаник	0,0015
Колодезная	II	3015	Нижний мел	"	0,0012
	4	3499	Юра	Глина	0,002
Величаевка	24	3119	Нижний мел	Песчаник	0,002

Температурный максимум расположен несколько западнее г.Прикумска.

При рассмотрении карт бороносности вод и геотермических карт верхне- и нижнемеловых отложений бассейна видно их большое сходство. Особенно четко это сходство проявляется для восточной части регио-

на, где изолинии температур по кровле верхне- и нижнемеловых отложений направлены так же, как и изолинии бороносности вод этих комплексов. Например, температура по кровле нижнемеловых отложений, которая в районе г.Прикумска равна I55°, к северо- северо-востоку постепенно снижается до 93° на площади Красный Камышаник и 47,5° на Олейниковской площади (вал Карпинского). Температура снижается также к юго-западу, западу и северо-западу от района г.Прикумска. На юге в районе Карабулак-Ачалукского месторождения температура на кровле нижнемеловой толщи около I00°. Связь между изменением бороносности и температурным режимом наблюдается также и для вод нижнемайкопских и палеоцен-эоценовых отложений.

Изменение бороносности вод юрских отложений происходит в том же направлении, что и изменение температурного режима этих отложений. Пониженное по сравнению с водами меловых горизонтов, содержание бора в водах юрской толщи, по-видимому, связано с меньшей бороносностью юрских пород.

Высокие пластовые температуры способствовали выщелачиванию бора из пород. В районах с умеренным температурным режимом, например, в полосе вала Карпинского, повсюду отмечена и незначительная бороносность вод.

Определенная роль в обогащении вод бором в описываемом районе принадлежит рассеянному в породах органическому веществу (Щербаков, I96I). В условиях Восточного Предкавказья, где мезозойские отложения являются регионально нефтеносными, поступление бора в воды из органического вещества, по-видимому, имеет большое значение. Еще одной причиной значительной бороносности вод исследуемого региона следует считать вулканическую деятельность, имевшую место на Кавказе в прежние геологические периоды.

Вопрос о причинах пониженной бороносности вод в зоне вала Карпинского представляет большой интерес. Снижение температур в мезозойской толще этой зоны, по сравнению с Прикумской областью, способствовало ослаблению процессов выщелачивания бора из пород. На площадях вала Карпинского, возможно, также происходило соосаждение бора совместно с кальцием (Щербаков, I96I). Следует отметить, что на Промысловском и других месторождениях вала Карпинского в водах юрских отложений содержится меньше кальция, чем в Озек-Суатском районе.

Г.П.Тамразян (1957) указывает, что на Апшеронском полуострове содержание бора возрастает в водах с большим содержанием гидрокарбонатов и карбонатов. Сопоставление содержания иона HCO_3' и борной кислоты в водах глубоких горизонтов Восточно-Предкавказского бассейна (рис. 5) показывает, что эта зависимость не очень четко выражена для вод с низким и средним содержанием бора (до 400 мг/л HBO_2) и более определенно проявляется для вод, содержащих свыше 400 мг/л борной кислоты.

Из других компонентов, которые нередко генетически связывают с бороносностью вод (Щербаков,1961), следует рассмотреть литий и углекислый газ. Литий в глубоких водоносных горизонтах описываемого региона встречается почти повсеместно. В наибольших количествах (до 30 - 37 мг/л) он присутствует в водах нижнемеловых и юрских

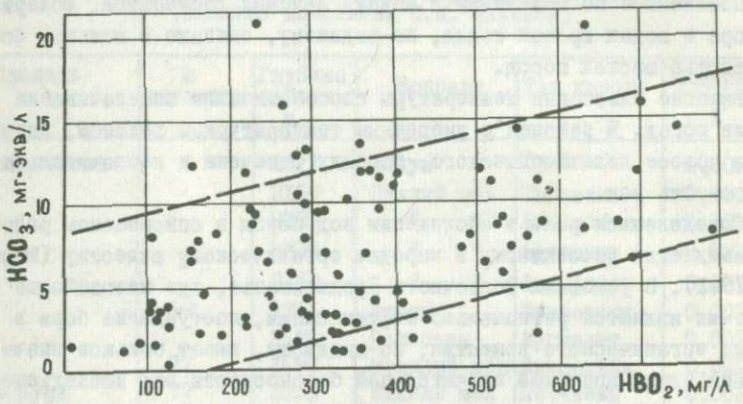


Рис. 5. График зависимости между содержанием борной кислоты и гидрокарбонат-иона в водах мезозойских отложений

отложений. Значительная бороносность вод в большинстве случаев сопровождается повышенной концентрацией в них лития. Однако эта зависимость хорошо выражена для вод с низким (до 250 мг/л) и менее четко для вод с высоким (более 400 мг/л) содержанием борной кислоты. В водах со средним содержанием бора (преимущественно в водах нижнемеловых горизонтов) содержание лития изменяется в широких пределах.

Отметить определенную зависимость между концентрацией борной

кислоты и растворенного углекислого газа в водах не удается. По-видимому, такая зависимость характерна только для областей, где проявлялась вулканическая деятельность и где бор и углекислый газ имеют глубинное происхождение.

В ряде районов Восточного и Центрального Предкавказья глубокие воды представляют интерес как источник борного сырья. Однако не во всех районах, где воды имеют высокую концентрацию борной кислоты, ресурсы достаточны для промышленного их использования. Наиболее перспективным в этом отношении является район г.Прикумска, где бороносные воды нижнемеловых отложений были вскрыты в процессе разведок на нефть и газ несколькими скважинами, дебит которых достигал 350 - 450 $м^3$/сутки. При совместной эксплуатации нескольких водоносных горизонтов и применении метода гидравлического разрыва пласта или других методов интенсификации притока дебит скважин может быть значительно увеличен.

В Прикумском районе из верхнемеловых отложений скважинами выведены воды с дебитом до 250 $м^3$/сутки. Воды нижне- и верхнемеловых отложений обладают весьма высокой температурой (до 120^0 на устье скважин); они могут быть рекомендованы для использования как источник тепловой энергии и борного сырья для химической промышленности.

В Озек-Суатском нефтепромысловом районе скважины, дающие бороносные воды из нижнемеловых отложений, имеют дебит до 350 $м^3$/сутки. Значительные притоки боросодержащих вод получены также из нижне- и верхнемеловых слоев на Карабулак-Ачалукском нефтяном месторождении в Чечено-Ингушской АССР. Однако эксплуатация термальных бороносных вод в Озек-Суатском и Карабулак-Ачалукском районах может отразиться на режиме разрабатываемых нефтяных залежей.

Меньшее практическое значение имеют воды палеогеновых и юрских отложений, бороносность которых уступает водам нижнемеловой толщи. Однако комплексное использование таких вод может оказаться экономически выгодным. Например, при эксплуатации термальных целебных вод майкопских отложений Георгиевского района из них попутно можно извлекать борную кислоту, содержащуюся здесь в количестве свыше 200 мг/л.

Литература

Альбов С.В. К вопросу о боре в подземных водах Крыма. Геохимия, № I, 1957.

Валяшко М.Г. Некоторые черты геохимии бора. Химия боратов. Изд.Латв.АН, 1953.

Виноградов А.П. *Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах.* Изд.АН СССР, 1957.

Киссин И.Г. О гидродинамических и гидрохимических особенностях водоносных горизонтов мезозойских отложений Восточного Предкавказья. ДАН СССР, т.134, № I, 1960.

Киссин И.Г. и Казинцев Е.А. О температурных условиях нефтегазоносных районов Центрального и Восточного Предкавказья. Геология нефти и газа, № 2, 1962.

Киссин И.Г. О динамике глубоких водоносных горизонтов Восточно-Предкавказского артезианского бассейна. Вопросы гидрогеологии Центрального и Восточного Предкавказья. Тр. ЛГГП, т.48. Изд. АН СССР, 1962а.

Киссин И.Г. Краткая гидрохимическая характеристика вод мезозойских отложений Центрального и Восточного Предкавказья. Вопросы гидрогеологии Центрального и Восточного Предкавказья. Тр. ЛГГП, т.48, Изд.АН СССР, 1962б.

Красинцева В.В. О накоплении бора в минеральных водах в результате выделения его из осадочных пород. Проблемы гидрогеологии. Госгеолтехиздат, 1960.

Самойлов О.Я. и Соколов Д.С. Влияние ионов натрия и кальция на миграцию бора в подземных рассолах. ДАН СССР, т.133, № 6, 1960.

Тамразян Г.П. *О распределении бора в продуктивной толще* Апшеронской области. Геохимия, № 8, 1957.

Щербаков А.В. Гидрогеохимические исследования при поисках и разведке подземных бороносных вод, Госгеолтехиздат, 1961.

В.Б.Каплун

БОР В ВОДАХ НИЖНЕГО ОТДЕЛА ПРОДУКТИВНОЙ ТОЛЩИ АПШЕРОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Автором статьи были проведены детальные исследования пластовых вод нефтяных месторождений Апшеронского полуострова на содержание в них бора и выявлена зависимость между содержанием бора и химическим типом воды. Исследованиями были охвачены все свиты нижнего отдела продуктивной толщи месторождений - Локбатан, Пута, Аташкя, Шабандаг, Ясамальская долина, Биби-Эйбат, Сураханы и Карачухур.

В работе использованы данные Агаларбова (1960) по содержанию бора в водах нижнего отдела продуктивной толщи месторождений Балаханы-Сабунчи-Раманы, Маштаги, Бузовны, Мардакяны, Кала и Зыря.

Проследим как меняется содержание бора в водах нижнего отдела продуктивной толщи месторождений Апшеронского полуострова в направлении с запада на восток от Пута-Локбатана на западе до Мардакяны, Кала, Зыря на востоке полуострова.

Все воды продуктивной толщи (средний плиоцен) Апшеронского полуострова относятся в основном к двум генетическим типам вод: хлоркальциевым (жесткие) и гидрокарбонатно-натриевым (щелочные) (Сулин, 1946).

В верхней трети разреза продуктивной толщи (апшеронский ярус), а также в верхних двух свитах (сураханской и сабунчинской) залегают высокоминерализованные пластовые воды хлоркальциевого типа (жесткие).

В средней, промежуточной части разреза (балаханская свита, свита "перерыва"), в зависимости от района, граница перехода жестких вод в щелочные меняется, занимая повышенное стратиграфическое положение в Сабунчинском и Сураханском месторождениях (примерно на границе сабунчинской и балаханской свит) и несколько ниже в Биби-Эйбатском месторождении (в низах балаханской свиты), а в Бузовнах и Кала доходит до кровли надкирмакинской глинистой свиты (НКГ).

В нижней части разреза, представленной надкирмакинской глинистой (НКГ), надкирмакинской песчанистой (НКП), кирмакинской (КС) и подкирмакинской (ПК) свитами, распространены в основном воды гидрокарбонатно-натриевого типа (щелочные). В некоторых районах, например на о.Артема, граница перехода жестких вод в щелочные расположе-

на у кровли кирмакинской свиты.

Изменение типа вод с глубиной является отражением изменения химического состава этих вод. Минерализация пластовых вод в разрезе продуктивной толщи со стратиграфической глубиной изменяется от 650 мг·экв в верхних горизонтах до 30 - 60 мг·экв в подкирмакинской свите. Соленость вод в градусах Боме сверху вниз изменяется от 20 до 1^0 (в ПК свите). В калинской свите (КаС) соленость пластовых вод вновь увеличивается (до 2,5 - $3,5^0$ Боме). Большую роль играют гидрокарбонаты натрия, которые в верхних свитах продуктивной толщи встречаются в незначительных количествах или отсутствуют, а в нижних свитах, наоборот, получают широкое распространение, достигая 15 мг·экв и больше.

На Пута-Локбатанском нефтяном месторождении характер воды от жесткого к щелочному меняется в низах балаханской свиты. Наиболее щелочными здесь являются воды НКП свиты (УШ горизонт), которые отличаются также наиболее низкой минерализацией. Эксплуатационными свитами данной площади являются частично НКГ (часто воды здесь смешанные с водами НКП свиты) и в основном НКП (УШ горизонт) свиты. Определенные нами содержания бора в водах площади Пута-Локбатан приведены в табл.1.

Локбатанская складка разбита рядом нарушений, два наиболее крупные из них разделяют ее на три самостоятельных блока - периклинальную часть, южное крыло и северное крыло складки, имеющих свое собственное строение и различную характеристику вод одноименных горизонтов. Южное крыло, а также главным образом восточная периклинальная часть оказались значительно надвинуты на северное крыло и в отличие от него разбиты большим числом нарушений (Геология Азербайджана,т.4, 1954). Следует отметить, что минерализация вод НКП свиты на северном крыле складки меньше, чем на южном крыле, а именно 42 - 56 мг·экв, тогда как на южном крыле она достигает 70 - 90 мг·экв. Содержание гидрокарбонатов, наоборот, повышено на северном крыле, наибольшее количество их приходится на восточную часть крыла 10 - 12 мг·экв, тогда как на южном оно составляет 2 мг·экв и меньше. Содержание бора в водах северного крыла также наибольшее и равно 131,5 - 211,7 мг/л, в среднем 175 мг/л; в периклинальной части содержание бора 119,3 - 176,8 мг/л, в среднем 169,7 мг/л; на южном крыле 128,5 - 198,1 мг/л, в среднем 164 мг/л.

Таблица I

Содержание бора в водах месторождения Пута-Локбатан

Свита	Количество образцов	Глубина взятия проб, м	Общая минерализация $\sum a+k$, мг.экв	Содержание гидрокарбонатов HCO_3, мг.экв	Первая щелочность A_I, %	Содержание бора, мг/л
			П у т а			
НКП	6	I387 - I202	38,5 - 60,4	5,0 - 8,6	25,5 - 34,7	I08 - I86,8
			Л о к б а т а н			
НКП	25	I6I4 - 907	33,8 - 90,9	4,6 - I4,8	23,0 - 49,8	II9,3 - 234,4

На примере этой площади можно видеть как нарушения влияют на химический состав вод. В данном случае на южном крыле, перебитом нарушениями, наблюдается увеличение минерализации, а также уменьшение щелочности и содержания бора в водах НКП свиты по сравнению с северным крылом складки, которое менее нарушено дислокациями.

Необходимо также отметить, что минерализация вод увеличивается вверх по восстанию пластов, содержание же гидрокарбонатов, первая щелочность по Пальмеру (A_I), и содержание бора, наоборот, за редким исключением, возрастают вниз по падению пласта. Так, например, в приклинальной части структуры Локбатана отмечается несколько скважин, работающих из НКП свиты на глубине 900м (скв.749), I000 м (скв.II29) и II00 м (скв.I58). Минерализация вод НКП свиты этих скважин с глубиной незначительно изменяется в сторону уменьшения. Более отчетливо в этом направлении происходит увеличение первой щелочности A_I (38,7; 45,7; 48,9%) и содержание бора (I42; I57,I; 234,4 мг/л).

В юго-западной части Апшеронского полуострова расположены месторождения Аташкя и Шабандаг - Ясамальская долина (немного севернее Локбатана). В табл.2 приводятся пределы изменения содержания бора в водах нижнего отдела этих месторождений, а также колебания минерализации и первой щелочности.

Таблица 2

Содержание бора в водах нижнего отдела продуктивной толщи месторождений Аташка, Шабандаг, Ясамальская долина

Свита	Количество образцов	Глубина взятия проб, м	Общая минерализация Na + K, мг·экв	Содержание гидрокарбонатов HCO_3, мг·экв	Первая щелочность A_1, %	Содержание бора, мг/л
			А т а ш к я			
НКП	7	787 - 530	40,4 - 60,4	3,2 - I3,4	I6,4 - 43,7	95,3 - I5I,2
НКП+КС	5	II70 - 650	46,I - 60,6	6,I - I4,5	23,2 - 49,6	62,I - 2II,7
			Ш а б а н д а г			
КС	I4	I4I5 - 987	55,4 - I32,7	4,0 - I4,5	I3,I - 37,3	97,5 - 208,4
			Я с а м а л ь с к а я д о л и н а			
КС	4	I493 - I300	44,2 - 8I,7	5,5 - 8,9	20,7 - 34,8	65,I - I6I,7
ПК	7	I580 - I230	46,5 - 70,I	6,5 - 9,I	30,4 - 35,3	75,5 - 263,0

Свита ПК Ясамальской долины нигде не обнажается на поверхности, нефтяная залежь в ней запечатана и залегает на глубинах 2000 - I500 м. м. Это создает особые гидрогеологические условия, определяющие замедленность движения подземных вод горизонтов этой свиты. В этих водах и отмечаются повышенные содержания бора (до 263 мг/л).

К числу нефтяных месторождений западного Апшерона относится также Биби-Эйбатское, расположенное восточнее описанной группы месторождений, близ г.Баку. Биби-Эйбатская складка разбита многочисленными нарушениями. Нефтяное месторождение сильно обводнено. Пластовые воды Биби-Эйбатского нефтяного месторождения подчинены общей для всех месторождений Апшерона закономерности - уменьшению минерализации со стратиграфической глубиной и увеличению щелочности и содержания в них бора (табл.3).

Таблица 3

Содержание бора в водах Биби-Эйбатского нефтяного месторождения

Свита	Количество образцов	Глубина взятия проб, м	Общая минерализация Σa + к, мг·экв	Содержание гидрокарбонатов HCO_3, мг·экв	Первая щелочность AI, %	Содержание бора, мг/л
НКГ	24	I55I - I262	87,9 - I85,3	4,7 - 8,8	9,3 - 25,5	5I,7 - I75,5
КС	22	2447 - I772	4I,4 - 74,5	4,5 - I4,8	29,4 - 47,8	58,5 - I94,4
ПК	I7	2386 - 2I34	36,9 - 57,7	3,0 - II,3	25,I - 50,5	I66,3 - 287,0

Отмечено также, что в зоне тектонических нарушений на северо-западной периклинали Биби-Эйбатской складки, где минерализация вод КС оказалась повышенной ($\Sigma_{a+к}$ = 67÷97 мг·экв), эти воды становятся беднее бором, содержание его колеблется здесь от 58,5 до 97,5 мг/л. Вдали от нарушений воды той же КС менее минерализованные ($\Sigma_{a+к}$= 4I,4 ÷ 50,2 мг·экв) и бора в них содержится больше (I66 - I94 мг л). По-видимому, это явление повышения минерализации вод в зоне дислокаций связано со смешением вод более глубоких и щелочных с водами залегающими выше, более минерализованными и бедными бором. Следовательно наблюдается разбавление вод, что ведет к уменьшению содержания в них бора.

Все рассмотренные нами месторождения нефти приурочены к одной Коундаг - Локбатанской антиклинальной зоне, лишь Биби-Эйбатское месторождение непосредственно не входит в нее.

С Джорат-Зыхской антиклинальной зоной связаны следующие крупные нефтяные месторождения: Балаханы - Сабунчи - Раманинское, Сураханское и Карачухур-Зыхское. Эта антиклинальная зона погружается с северо-запада на юго-восток в направлении от Балаханы - Сабунчи - Раманинского к Карачухур-Зыхскому месторождению; в том же направлении ослабевает и интенсивность дислокации (Овнатанов, I962). Указанные месторождения Джорат-Зыхской антиклинальной зоны располагаются в центральной части Апшеронского полуострова.

Таблица 4

Содержание бора в водах Балаханы – Сабунчи – Раманинского месторождения

Свита	Количество образцов	Глубина взятия проб, м	Общая минерализация Na + K, мг-экв	Содержание гидрокарбонатов HCO_3, мг-экв	Первая щелочность Ai, %	Содержание бора, мг/л
НКП	6	853 – 358	I20,8 – 207,6	4,7 – 9,7	6,7 – I6,I	75,7 – III,9
КС	38	I842 – 2I7	42,6 – I4I	6,6 – I2,5	3,4 – 45	33,7 – I36,3
ПК	I5	I2II – 59I	59,8 – 77,4	9,6 – I2,2	32,4 – 47,6	8I,5 – 260,8

В Балаханы – Сабунчи – Раманинском месторождении, так же как и в месторождениях Коундаг-Локбатанской антиклинальной зоны, можно отметить рост гидрокарбонатов и содержания бора по мере уменьшения минерализации с глубиной. Содержание бора в водах здесь несколько ниже (табл.4).

Приведенные в таблице 4 данные показывают, что содержание бора в водах нижнего отдела продуктивной толщи Балаханы – Сабунчи – Раманинского месторождения зависит от двух факторов: общей минерализации (зависимость обратная) и щелочности вод, которая со стратиграфической глубиной повышается параллельно увеличению содержания бора.

Сураханское месторождение приурочено к брахиантиклинальной складке, расположенной в I8 км к северо-востоку от Баку. Длительная разработка месторождения привела к большой обводненности многих горизонтов (Алиханов, I957). Содержание в исследованных водах бора здесь так же, как и в остальных месторождениях Апшеронского полуострова растет с глубиной (табл.5) и отмечается та же связь с минерализацией и со щелочностью.

Карачухурское нефтяное месторождение расположено в юго-восточной части Апшеронского полуострова между площадями Сураханы и Зых. От свода к крыльям Карачухурской складки наблюдается увеличение мощности продуктивной толщи; на крыльях в подошве нижнего отдела появляется калинская свита.

На месторождениях Карачухур и Зых нашими исследованиями были охвачены них-

Таблица 5

Содержание бора в водах Сураханского нефтяного месторождения

Свита	Количество образцов	Глубина взятия проб, м	Общая минерализация $\Sigma a + K$, мг·экв	Содержание гидрокарбонатов HCO_3, мг·экв	Первая щелочность A_I, %	Содержание бора, мг/л
НКГ	2	I774 - I720	II0,0 - I50,4	3,0 - 4,8	8,5 - 9,6	I07,3 - I66,3
НКП	2	I800 - I760	I28,2 - I3I,9	3,7 - 4,2	7,I - 7,4	I40,6 - I54,8
КС	23	24I4 - I4I0	50,9 - I57,2	9,6 - I3,2	I6,5 - 48,6	I02,9 - I98,I
ПК	34	2570 - 2015	37,I - 59,4	5,0 - I3,8	I8,7 - 42,8	69,I - 297

ние горизонты кирмакинской свиты (КС IУ + У), ПК свита и КаС (калинская свита). Воды КС Карачухурского месторождения оказались сильно щелочными и богатыми бором (табл.6).

Интересно отметить, что на площади Карачухур-Зых в юго-западном направлении погружения КС и ПК свит, т.е. вниз по падению пласта замечено повышение содержаний бора в водах: Так, в КС оно изменяется от I66,3 до 2I5 - 220,7 мг/л, а в ПК свите от 2I9,2 мг/л (скважина расположена в крайней северо-восточной части восточного крыла складки) до 287 мг/л (скважина расположена южнее, в центральном присводовом поле восточной складки).

В Карачухурском месторождении появляется калинская свита, стратиграфически расположенная ниже ПК свиты. Несмотря на это, средняя минерализация вод КаС (68,I мг·экв) выше, чем вод ПК свиты (49,0 мг·экв) и даже выше, чем в водах горизонта (IУ+У) КС (5I,7 мг·экв). Щелочность и содержание бора в водах КаС, наоборот, ниже чем в указанных свитах (ПК и КС). Так, среднее содержание бора в водах нижних горизонтов КС (IУ+У) составляет I88,7 мг/л, в водах ПК свиты 246,2 мг/л, а в КаС I73,5 мг/л.

В восточной части Апшеронского полуострова расположена Фатьмаи-Зыринская антиклинальная зона. К этой зоне относятся месторождения Бузовны-Маштаги, Кала и Зыря (Овнатанов, I962).

Таблица 6

Содержание бора в водах месторождений Карачухур и Зых

Свита (горизонт)	Количество образцов	Глубина взятия проб, м	Общая минерализация Σ a + к, мг·экв	Содержание гидрокарбонатов HCO_3, мг·экв	Первая щелочность A_I, %	Содержание бора, мг/л
КС (IУ+У)	7	2448 - 2017	40,6 - 87,5	I,4 - 6,I	I4,5 - 34,2	I66,3 - 260,0
ПК	I7	3II8 - 2033	40,2 - 6I,3	3,2 - 7,4	I7,2 - 37,2	207,0 - 287,0
КаС	2	3276 - 2378	46,3 - 67,4	I,2 - 4,8	I9,9 - 22,I	I67,2 - 258,5

На месторождении Бузовны-Маштаги воды свиты НКГ в основном слабощелочные, иногда здесь можно встретить слабожесткую воду.

В Калинском месторождении минерализация вод свиты НКГ значительно повышается, а содержание гидрокарбонатов незначительное 0,5 - I мг·экв. В пластовых водах НКП свиты месторождений Бузовны-Маштаги и Кала минерализация снижается, хотя в Калинском месторождении она значительно выше, чем в Бузовны-Маштаги. Воды КНП свиты Бузовны-Маштагинского месторождения щелочные, т.е. присутствует первая щелочность (A_I = I + I6,5%), а в Калинском месторождении они либо слабожесткие (S_2 = 0,6 + I,6%), либо слабощелочные (A_I = 0,4 + 0,8%) по Пальмеру. Воды КС и ПК свит также менее минерализованные в Бузовны-Маштагинском месторождении и более минерализованные в Калинском. Таким образом, от месторождения Бузовны-Маштаги к Калинскому минерализация пластовых вод по всем горизонтам нижнего отдела резко увеличивается, а щелочность уменьшается. Изменение содержания бора по этим месторождениям взято нами из работы Агаларова (I960) (табл.7).

Приведенные анализы вод по месторождению Бузовны-Маштаги касаются лишь КС и ПК свит. При подсчете средних содержаний бора по каждой свите обнаруживается в обоих случаях более высокое содержание его в ПК свите, (в Бузовнах 208,3, в Маштагах I43,4 мг/л), в КС (в Бузовнах I75,4, в Маштагах I34,0 мг/л).

Таблица 7

Содержание бора в водах нижнего отдела продуктивной толщи месторождений Маштаги-Бузовны и Кала

Свита (горизонт)	Количество образцов	Глубина взятия проб, м	Общая минерализация $\Sigma a + к$, мг·экв	Содержание гидрокарбонатов HCO_3, мг·экв	Первая щелочность $\frac{A}{2}I$, %	Содержание бора, мг/л
I	2	3	4	5	6	7
			Маштаги			
КС (I)	I	59,4	59,4	7,6	26,6	I4I,7
КС (II)	I	I686 - I628	73,0	8,0	26,9	II9,9
КС (III)	2	I9I7 - I749	52,4 - 85,0	6,3 - 9,8	I9,I - 4I,9	I08,0 - I20,7
КС (IУ)	2	I922 - I795	53,0 - 64,4	8,0 - 8,9	29,8 - 34,7	I23,7 - I28,8
КС (У)	4	I880 - I829	46,4 - 52,6	7,9 - 9,I	34,7 - 46,I	I37,7 - I57,9
	6	I907 - I842	43,6 - 58,0	6,4 - 7,8	34,5 - 42,8	II2,0 - I76,3
			Бузовны			
КС (I)	5	I9I0 - I780	39,0 - 49,6	4,4 - 6,0	24,6 - 33,0	I49,I - 242,4
КС (II)	2	2038 - I876	35,2 - 58,0	I,9 - 2,4	9,0 - I9,8	I67,7 - 2I3,9
КС (III)	I	I924 - I9I5	42,8	3,7	2I,5	I33,3
КС (IУ)	I	I987 - I968	45,2	I,4	I3,2	2I4,5
КС (У)	2	2I04 - 20I8	53 - 56	7,7 - 8,7	4I,I - 44,I	I47,6 - 20I,2
ПК	5	I985 - I836	32,8 - 40,0	6,8 - 8,2	44,7 - 54,2	206,8 - 209,8
			Кала			
$НКГ_I$	3	I70I - I592	3I5,2 - 370,2	0,5 - I,I	Нет	0 - 72,I
$НКГ_2$	8	I7I4 - I574	I46,6 - 276,8	0,I - 2,8	0 - 0,48	27,5 - 85,3
$НКГ_3$	7	I730 - I582	68,8 - I99,2	2,I - 3,7	2,I - 7,0	I9,4 - 74,2

Окончание таблицы 7

I	2	3	4	5	6	7
НКП	7	I763 - I633	I63,4 - 230,8	I,3 - 2,8	0 - 0,86	60,5 - II4,2
$КС_{I-2}$	6	I949 - I725	92 - 2I0,2	I,2 - 3,8	0 - 5,I	92,6 - I35,3
$КС_{3-4}$	6	2050 - I90I	49,8 - 94,8	0,4 - 4,2	2,8 - I3,2	79,3 - I52
$КС_{5-6}$	6	2064 - I900	58 - 77,9	I,9 - 6,6	6,7 - I9,4	86,4 - I52,5
$КС_{7-8}$	4	2I39 - 2042	60,8 - 79	2,4 - 9,0	8,4 - 23,2	I06,I - I52,3
$КС_{9-I0}$	7	2440 - I990	48,4 - 68,4	4,7 - I2,4	I4 - 47,8	66,I - I69,8
$КС_{II-I2}$	6	2222 - 2029	47,6 - 6I	7,7 - I2,5	4I,2 - 48,5	52,5 - I82,8
ПК	7	2I90 - 2052	5I,2 - 58,4	8,4 - II,8	35,2 - 48,3	23,7 - I98,4
$КаС_{I}$	4	235I - 2294	40,4 - 5I,8	5,0 - 8,9	23,7 - 43,2	32 - I52,8
			З н р я			
ПК	5	-	46,2 - 5I,8	2,7 - 6,9	I9,6 - 32,4	I97,I - 2I4,6

Если рассматривать воды каждого горизонта (от I до У) кирмакинской свиты в отдельности, то можно отметить, что содержания бора в них колеблются по разному.

Со стратиграфической глубиной следовало бы ожидать увеличения содержания в водах бора, однако, такой закономерности по отдельным горизонтам КС не наблюдается (табл.7). Это нарушение закономерности можно объяснить вариациями минерализации и щелочности вод в отдельных горизонтах КС.

Так, например, в Маштагах пластовая вода из П горизонта имеет повышенную минерализацию (73,0 мг.экв), содержание гидрокарбонатов в этой воде составляет 8,0 мг·экв $А_{I}$ (26,9%), содержание бора II9,9 мг/л, в то время как в выше расположенном I горизонте КС минерализация вод ниже (59,4 мг·экв), содержание же гидрокарбонатов и щелочность близки к содержанию П горизонта КС, содержание бора больше, чем в П КС (I4I,7 мг/л).

Пластовая вода У горизонта КС имеет минерализацию, близкую к минерализации горизонта I КС.

Содержание бора и гидрокарбонатов здесь повышено, первая щелочность также повышена.

Следовательно при равных или близких значениях минерализации, но различной щелочности (содержании гидрокарбонатов) наблюдается прямая зависимость содержания бора от щелочности (содержания гидрокарбонатов). При различных минерализациях, но близких значениях щелочности (гидрокарбонатов) наблюдается обратная зависимость.

Калинское месторождение отлично от всех описываемых ранее месторождений. Как уже указывалось, минерализация вод на Калинском месторождении значительно повышена, что отражается и на характере вод этого месторождения. В НКГ, НКП и даже в КС (I-П горизонт) свитах встречаются жесткие воды, либо слабощелочные. Средняя минерализация их I3I,5 - 335,4. Содержание бора в этих водах невелико - от 4I,8 до 99,I мг/л. Начиная с горизонта $КС_{3-4}$ и дальше до $КС_{II-I2}$ минерализация вод резко снижается до 55,4 мг·экв (среднее значение для $КС_{II-I2}$).

Первая щелочность этих вод, наоборот, резко повышается от 0 до 45,6 %, соответственно растет и содержание в водах бора до I66,8 мг/л (среднее содержание бора для вод горизонта $КС_{II-I2}$).

Воды ПК свиты близки по своему составу к водам горизонта $КС_{II-I2}$, граничащим с ними. По содержанию бора они также мало отличаются друг от друга. В водах ПК свиты бора содержится I56,9 мг/л.

В водах калинской свиты площади Кала, такие как в водах площади Карачухур - Зых, содержание бора (I45,7 мг/л) меньше, чем в водах подкирмакинской свиты, и приближается к содержанию в кирмакинской свите ($КС_{9-I0}$). Для площади Зыря имеются анализы воды из одной подкирмакинской (ПК) свиты. Среднее содержание в них бора 205,8 мг/л, что является максимальным для вод ПК свиты всей Фатьмаи-Зыринской антиклинальной зоны.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

I. Пластовые воды нижнего отдела продуктивной толщи Апшеронского полуострова содержат значительные количества бора, которые изменяются в широких пределах в зависимости от общего химического состава вод.

2. Наибольшие содержания бора отмечены в слабоминерализованных водах с высокой щелочностью. Установлена прямая зависимость

увеличения содержания бора в водах от щелочности при одинаковой минерализации вод и обратная зависимость от минерализации при одинаковой щелочности вод.

3. Со стратиграфической глубиной от верхней части нижнего отдела продуктивной толщи до подкирмакинской свиты содержание бора сильно растет. Только в калинской свите оно меньше, чем в подкирмакинской и приближается к содержанию бора в водах кирмакинской свиты, что объясняется, по-видимому, повышением минерализации и понижением щелочности вод в калинской свите по сравнению с подкирмакинской свитой.

4. В ряде случаев отмечается увеличение содержания бора вниз по падению пласта. Содержание бора в водах так же, как и химический состав вод, изменяется в пределах структуры. Это явление, возможно, связано с нарушениями и различного рода дислокациями, способствующими смешению вод различных горизонтов. Примером смешения вод может служить Локбатанская складка.

Литература

Агаларов М.С. Гидрогеохимия основных нефтяных месторождений Азербайджана. Баку, Азернефтнешр, 1960.

Алиханов Э.И. Подкирмакинская свита восточной части Апшеронской области и ее нефтеность. Баку, Азнефтеиздат, 1957.

Гуляева Л.А. Распространение бора в водах Азербайджанских нефтяных месторождений и его корреляционное значение. Докл. АН СССР, 1942, т.35, № 3.

Каплун В.Б. О некоторых особенностях распределения йода и бора в водах продуктивной толщи Биби-Эйбатского и Сураханского месторождений. Изв.АН Азерб.ССР, сер.геол.-геогр.наук и нефти, № 2, 1961.

Овнатанов С.Т. Геология и нефтегазоносность Фатьмаи-Зыхской и антиклинальной зоны Апшеронского полуострова. Баку, 1962.

Сулин В.А. Воды нефтяных месторождений в системе природных вод. М.-Л., Гостоптехиздат, 1946.

Тагеева Н.В., Цейтлин С.Г. и Морозова А.Н. Докл.АН СССР, т.3, № 5, 1934.

Цейтлин С.Г. Содержание бора в нефтяных водах. Докл. АН СССР, т.I, № 3, 1936.

Геология Азербайджана. т.4 Месторождения нефти и газа. Под ред.чл.-кор.АН СССР М.Ф.Мирчинка. Изд.АН Азерб.ССР. 1954 (Институт геологии им. И.М.Губкина).

Г.А.Голева

БОРОНОСНОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗАПАДНЫХ ОБЛАСТЕЙ УКРАИНЫ

В слабопромываемых гидрогеологических структурах Предкарпатья и Закарпатья широко развиты высокоминерализованные хлоридные воды. Эти структуры сложены мощными битуминозными толщами песчано-глинистых осадочных образований, которые благоприятны для накопления в них бора, йода, брома и других микрокомпонентов, имеющих промышленное значение.

Гидрогеологическое исследование подземных вод западных областей Украины, проведенное нами в 1954-1960 гг., позволяет установить характер распределения в них бора в зависимости от особенностей геологического строения и гидрогеологии того или иного района. Специальной работы в этом направлении с конкретным анализом условий формирования вод указанного района до последнего времени не проводилось. Отдельные данные по содержанию бора в нефтяных и минеральных водах Предкарпатья, Карпат и Закарпатья встречаются в работах геологов Польши, Чехословакии и Румынии. Разнообразные сведения о составе микроэлементов в подземных водах этих областей с гидрогеологическим анализом условий их миграции в различных типах подземных вод приводятся советскими исследователями, начиная с 1940 - 1941 гг. (Бабинец, 1948; Овчинников, 1950; Поливанова, 1951, Романюк, 1959 и др.).

В 1958 - 1959 гг. геохимической лабораторией Львовского государственного университета проводились исследования шахтных вод серных, соляных, нефтяных, озокеритовых и буроугольных месторождений Предкарпатья и Закарпатья (Голева, 1960). Задачей этих работ являлось изучение в подземных водах микроэлементов, имеющих промышленное значение (бора, лития, йода и брома). В дальнейшем (1960 - 1961гг) эти работы были продолжены во ВСЕГИНГЕО, в результате их была составлена карта промышленных вод западных областей Украины в масштабе 1:500 000.

В распределении бора в подземных водах на территории западных районов Украины наблюдается определенная генетическая связь вещественного состава водовмещающих горных пород с общей геолого-гидрогеологической историей развития районов их распространения (см.

карту). Ниже приводится краткая гидрогеологическая характеристика основных районов распространения подземных вод с различным содержанием бора.[x]

Районы с концентрацией бора до I5 мг/л

Подземные воды с минимальным содержанием бора (от 0,I до I5 мг/л) широко распространены в пределах Тернопольской, Ровенской и северной части Львовской областей, охватывающих в геолого-структурном отношении юго-западную окраину Русской платформы. Здесь, в зоне спокойного моноклинального залегания палеозойских, мезозойских и неогеновых осадочных пород, слагающих Подольский артезианский склон, отсутствуют благоприятные условия для накопления бора в подземных водах.

В глубоких напорных водах сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевого состава, вскрытых опорной скважиной в г.Олеско на глубине 548 м в верхнедевонских известняках и доломитах, содержание бора не превышает 0,8 мг/л. Общая минерализация воды I,I г/л. Дебит на самоизливе 4,6 л/сек (табл.I). Несколько повышенные концентрации бора обнаружены в подземных водах юрских и меловых песчаников. Содержание бора в сульфатно-натриевых водах верхнеюрских битуминозных известняков до 9,6 мг/л (район г.Рогатина). В более минерализованных (до 36 г/л) хлоридно-натриевых водах верхнемеловых песчаников и мергелей распространены воды с общей концентрацией бора 8 - I5 мг/л, лития до 0,4 мг/л. Минерализованные хлоридные воды с такой повышенной концентрацией бора, как правило, появляются в наиболее погруженной и осложненной глубинными разломами и сбросами зоне сочленения Русской платформы и Внешней (газоносной) зоны Предкарпатского прогиба.

К неогеновым платформенным образованиям приурочены два водоносных горизонта - нижнетортонский и верхнетортонский. Нижнетортонский водоносный горизонт заключен в трещиноватых литотамниевых известняках, представлен он слабоминерализованными (до I,5 г/л) гидрокарбонатными и сульфатно-гидрокарбонатными азотно-кислородными водами. Содержание бора в них не превышает I0,3 мг/л, лития 0,006 мг/л.

---

[x] Для удобства промышленной оценки содержания бора в подземных водах и породах даются в виде B_2O_3.

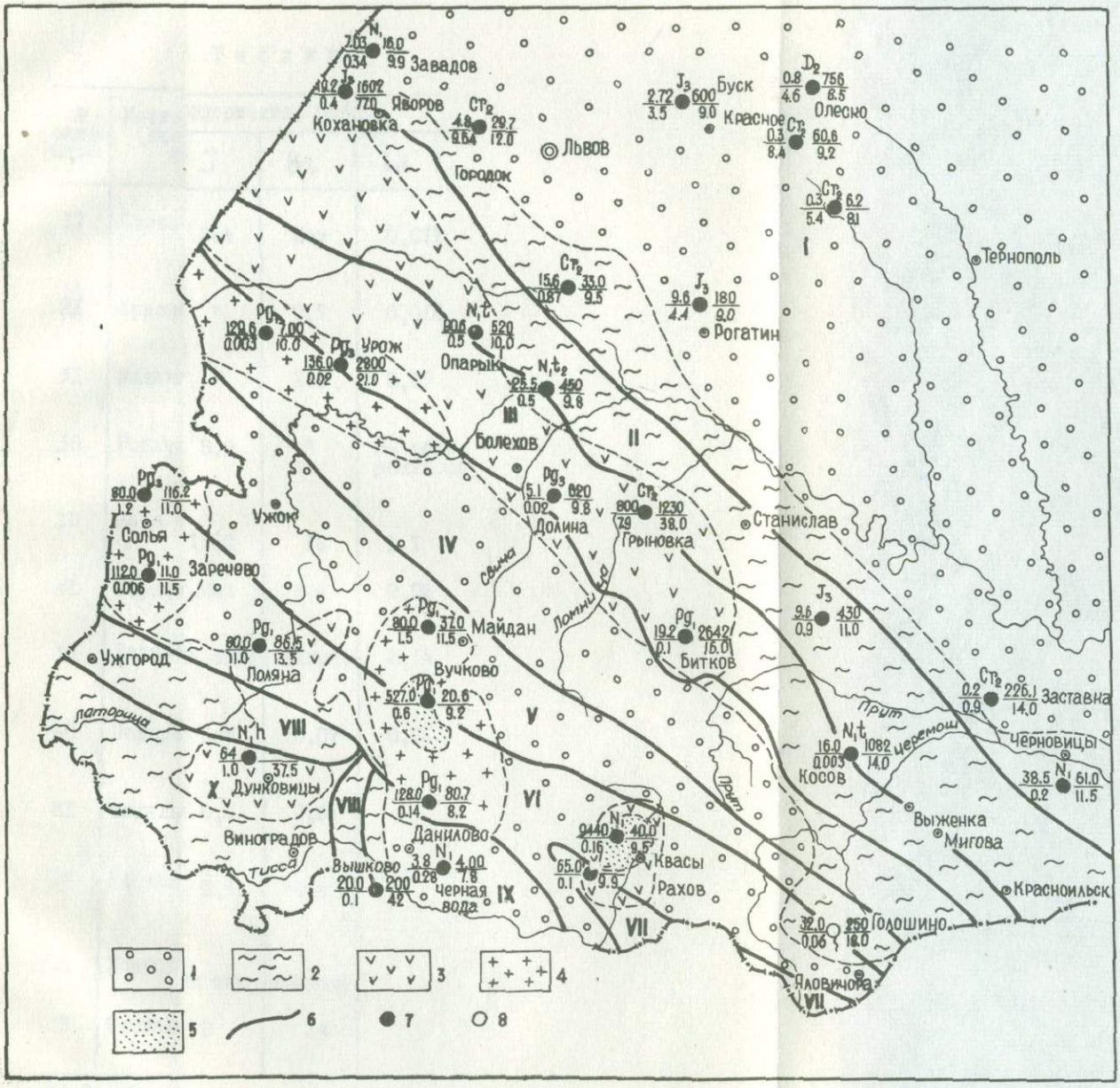

Завадов
Кохановка
Яворов
Львов
Городок
Буск
Красное
Олесько
Тернополь
Рогатин
Опарыки
Болехов
Долина
Грыновка
Станислав
Солья
Заречево
Ужгород
Поляна
Майдан
Вучково
Битков
Косов
Заставна
Черновицы
Выженка
Мигова
Красноильск
Голошино
Яловичора
Дунковицы
Виноградов
Данилово
Вышково
Черная вода
Квасы
Рахов
Латорица
Тисса
Свича
Лимна
Прут
Черемош
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
1
2
3
4
5
6
7
8

Таблица I

Характеристика бороносности подземных вод юго-западной окраины Русской платформы

№ скважины	Местоположение (населенный пункт)	Глубина опробования, м	Литология и возраст водовмещающих пород	Дебит, л/сек	Понижение, м	Температура, °С	Газовый состав x/	Формула основного химического состава	pH	Содержание, мг/л			
										B_2O_3	J	Br	Li
I7	Олеско	756	Известняки и песчаники, D_2	4,6	-	8,5	N_2 98,5 % CO_2 0,6 %	$MI,I \frac{SO_4 5,7;\ HCO_3 4I}{Ca50;\ Mg25}$	7,6	0,8	Нет	Нет	0,0II
2I	Красное	600	Известняки, J_3	3,5	-	-	H_2S I6,I мг/л	$MI,3 \frac{SO_4 72;\ HCO_3 26}{Ca50;\ Mg I,7}$	7,I	2,72	"	0,7	0,0I2
3I	Мальчица	29,7	Песчаники, Cr_2	9,64	2,99	I2	N_2 95 % CO_2 2 %	$MI,3 \frac{SO_4 65;\ HCO_3 34}{Ca88}$	7,2	4,8	"	Нет	0,I9
38	Роздол	33,0	Песчаники, Cr_2	0,87	27,I5	9,5	N_2 90 % CO_2 5 %	$M35,6 \frac{Cl\ 97}{Na9I}$	6,8	I5,6	8,9	"	Не определялось
I8	Язов	-	Мергели, Cr_2	0,2	-		H_2S 297,5 мг/л	$MI2,3 \frac{Cl73;\ HCO_3 25}{Na98}$	7,I	8,0	II,0	I6	I,I
4I	Городок	25,0	Известняки литотамниевые, N_1	I,95	I0,0	I3	CO_2 0,0I8 мг/л N_2 65 - 80 %	$M0,6 \frac{HCO_3 67;\ SO_4 26}{Ca65;\ Mg30}$	7,5	I0,24	Нет	Нет	0,06
II	Завадов	I60	Гипсы и известняки, N_1	0,34	42	9,9	H_2S 37I мг/л	$M3,6 \frac{SO_4 65}{Na83}$	6,7	7,03	Не определялось		0,I4
60	Подорожное	84,6	Гипсы и известняки, N_1	5,0	-	I0	H_2S 200 мг/л	$M2,4 \frac{SO_4 83}{Ca46;\ Na36}$	7,0	0,4	Нет	0,07	0,2I
8I	Михальча	6I,0	Песчано-глинистые отложения, N_1 sm	0,2	-	II,5	N_2, CO_2	$M2,0 \frac{HCO_3 83}{Na96}$	7,4	38,5	0,2	0,6	
I7	Черновицы	544,25	Песчаники, Cr_2	2,0	0,35	I2,8	N_2, CO_2, H_2S H_2S I,3 мг/л CO_2 28 мг/л	$M5,5 \frac{SO_4 75}{Na87}$	7,6	22,4	0,5	0,8	
206	Барбовцы	226,I	Песчаники, Cr_2	0,9	-	I4	H_2S I42,8 мг/л CO_2 26 мг/л	$M5,7 \frac{Cl69;\ HCO_3 28}{Na96}$	7,4	0,2	Не определялось		
3	Застава	I47,0	Песчаники и мергели, Cr_2	0,58	20,0	I0	H_2S 0,5 мг/л CO_2 II0 мг/л	$M3,9 \frac{SO_4 88}{Mg54;\ Ca4I}$	6,8	0,5	8	24	

x/ Растворенный газ выражен в объемных %, а спонтанный в мг/л.

Верхнетортонский водоносный горизонт заключен в вышележащих закарстованных гипсах и известняках, в погруженной южной части артезианского Подольского склона. Здесь формируются сульфатно-кальциевые воды с более значительной (2 - 2,5 г/л) минерализацией, но с меньшей концентрацией бора (до 7 мг/л).

На участках залегания битуминозных известняков под водонепроницаемой толщей сарматских глин в восстановительных условиях происходит формирование сероводородных вод, в которых количество бора увеличивается до 9,6 мг/л.

В грунтовых водах сарматских и четвертичных песчано-глинистых отложений платформы бор присутствует в весьма незначительных количествах (0,0I - 0,03 мг/л).

Подземные слабоминерализованные воды горно-складчатых высокогорных районов Карпат также характеризуются небольшими (не имеющими практического значения) содержаниями бора, не превышающими I - 2 мг/л, что можно объяснить отсутствием благоприятных для накопления борных соединений геолого-структурных условий. Водораздельные части горных массивов Карпат и Закарпатья хорошо промыты и дренированы. Здесь широко развиты пресные гидрокарбонатные воды, обедненные не только бором, но и многими другими микрокомпонентами (йодом, бромом, фтором, мышьяком и т.д.)

Районы с концентрацией бора до 50 мг/л

В зоне сочленения юго-западной окраины Русской платформы и Предкарпатского прогиба наблюдается узкая полоса развития азотно-метановых и слабосероводородных углеродно-азотных вод, в которых содержание бора достигает 50 мг/л. В структурном отношении эта полоса охватывает южную часть Русской платформы и северную часть Внешней зоны Предкарпатского прогиба с многочисленными газовыми проявлениями. Здесь кристаллический фундамент погружен на значительно большую глубину чем на платформе, поэтому и мощность перекрывающего его мезо-кайнозойского осадочного покрова соответственно возрастает в несколько раз.

Движение подземных вод в направлении на юго-запад в сторону осевой части Предкарпатского прогиба в нижних частях осадочного чехла замедляется. В связи с этим в погруженных меловых и юрских образованиях появляются минерализованные хлоридные воды со значительны-

ми (до 50 мг/л) концентрациями бора.

Юго-восточная приподнятая и поэтому более промытая часть Предкарпатского прогиба характеризуется обычно более низкими концентрациями бора в подземных водах по сравнению с погруженной северо-западной его частью. Так например, в районе Дашавы количество бора в верхнетортонском водоносном горизонте достигает 25 мг/л, а в юго-восточных районах прогиба (г.Косов) в том же горизонте при аналогичных гидрогеологических условиях не превышает I2 - I6 мг/л. Подток глубоких соленых вод по поперечным разломам "антикарпатского" направления из Внутренней (соленосной) зоны прогиба местами нарушает эту гидрохимическую зональность. В результате появляются более минерализованные хлоридные воды с концентрацией бора до 40 - 45 мг/л.

Отдельные участки азотных и азотно-метаново-сероводородных хлоридных вод с концентрацией бора до 40 - 50 мг/л имеются также во Внутренней антиклинальной зоне Карпат (район с.Голошино) и в Солотвинской соленосной впадине (район Тячевских Лаз). Здесь процесс накопления бора в пластово-трещинных водах нижнего миоцена, палеогена, и верхнего мела аналогичен процессу накопления бора в минерализованных водах слабопромываемых структур.

Районы с концентрацией бора до 250 мг/л

В погруженных гидрогеологически закрытых структурах Внешней и Внутренней зон Предкарпатского прогиба в восстановительных условиях происходит формирование хлоридных натриево-кальциевых вод, содержащих весьма значительные количества бора (до 200 - 250 мг/л). Максимальные его концентрации наблюдаются, обычно, в нефтяных водах нефтегазоносных структур (Кохановка, Судовая Вишня, Рудки, Пасечная и др.), расположенных в центральной и северо-западной частях прогиба. По направлению к более возвышенным горным районам Внутренней антиклинальной зоны Карпат содержание бора в подземных водах нефтяных структур заметно снижается и не превышает, как правило, 73 - I40 мг/л (Лопушанка, Старый Самбор, Воля Блажевская, Сходница, Дзвинич, Битков и др.).

Среди различных литологических комплексов пород, слагающих эти районы, высокие концентрации бора наблюдаются в подземных водах продуктивных (газо-нефтеносных и соленосных) толщ нижнемиоценового, палеогенового и верхнеюрского возраста. С точки зрения возможного

Таблица 2

Характеристика бороносности подземных вод Предкарпатского прогиба

№ скважины	Местоположение	Глубина опробования, м	Литология и возраст водовмещающих пород	Дебит, л/сек	Температура, °С	Газовый состав	Формула основного химического состава	pH	Содержание, мг/л			
									B_2O_3	J	Br	Li
I4	Кохановка	I602 - 2208	Известняки битуминозные, J_3	0,4	77	CH_4, C_nH_m	$M120,5 \frac{Cl99}{Na83;CaI2}$	6,7	I92	34,0	265	I,2
3	Коршев	430 - 460	Известняки, J_3	0,9	-	H_2S (3I7 мг/л)	$M4,0 \frac{Cl54;HCO_3 33}{Na83}$	7,8	9,6	Не определялось		Не определялось
2I	Грыновка	I230 - I386	Песчаники, Cr_2	7,9	38	CH_4, C_nH_m	$MI20,7 \frac{Cl98}{Na98}$	6,7	80	37,7	228	I,2
I5	Косов	I082	Песчаники, N_1t	0,003	-	N_2, CH_4, CO_2	$M38,3 \frac{Cl94}{Na97}$	7,2	I6,0	Не определялось	II,I	Не определялось
I8	Опары	520 - 570	Глины с прослоями песчаников, N_1t	0,05	-	CH_4, C_nH_m	$M23,I \frac{Cl99}{Na92}$	7,4	90,6	49,3	230	" "
460	Битков	2642 - 2660	Песчаники с прослоями аргиллитов, Pg_1	0,I	-	CH_4, C_nH_m	$MI42,6 \frac{Cl99}{Na99}$	5,9	I9,2	34	286	I,4
I63	Майдан	260 - 300	Ритмичное чередование песчаников и аргиллитов, Pg_2	0,0I	-	CH_4, C_nH_m	$MII4,6 \frac{ClI00}{Na86}$	6,6	5I,84	28,I	286,4	0,6
774	Борислав	I300 - I500	То же	0,23	-	CH_4, C_nH_m	$M270,2 \frac{ClI00}{Na75;Ca20}$	6,0	II8	I7,9	682	I,4
I6I	Небылов	600	Переслаивание песчаников и аргиллитов, Pg_2	0,005	-	CH_4, C_nH_m	$MI20,9 \frac{ClI00}{Na90}$	7,2	35,64	5,4	249,48	Не определялось
5	Урож	I632 - 2800	То же	5,78	I6	CH_4, C_nH_m	$M26I,4 \frac{Cl99}{Na82}$	7,8	40	I4,6	76I	" "
I4	Дзвиняч	I550 - I800	" "	0,02		CH_4, C_nH_m	$M307,7 \frac{ClI00}{Na82}$	7,5	38,5	24,0	I04	" "
I	Воля Блажевская	2800	Битуминозные сланцы и песчаники, Pg_3	0,02	2I	CH_4, C_nH_m	$M232,6 \frac{Cl99}{Na83}$	6,5	I36	29,3	III4	2,3
2	Опака	645 - 670	Песчаники, Pg_1	0,03	-	CH_4, C_nH_m	$M58,2 \frac{Cl98}{Na83}$	6,9	47,4	I4,3	I53	0,3

комплексного использования наибольший интерес представляют термальные бороносные воды с высокой промышленной концентрацией йода и брома в газо-нефтеносных районах Свидницы и Кохановки. Здесь в северо-западной части Внешней зоны Предкарпатского прогиба обнаружены наиболее высокодебитные водоносные комплексы. Верхняя часть геологического разреза, вскрытого глубокими скважинами в интервале I50 - I500 м, сложена породами нижнего сармата и верхнего тортона, к которым приурочены крупные газовые залежи, оконтуренные хлоридно-натриевыми солеными водами с общей минерализацией 20 - 32 г/л. В этих водах содержание бора равно 56 мг/л, брома I00 мг/л, йода 80 мг/л. Нижележащий юрский водоносный горизонт, изолированный от сарматско-тортонского комплекса гипсо-ангидритовым верхнетортонским водоупором, характеризуется более высоким содержанием брома (230 - 380 мг/л), бора (I92 мг/л), меньшим количеством йода (до 35 мг/л) и большей минерализацией (I20 - I35 г/л). Температура воды одной из глубоких скважин (скв.I4) 55°. Дебит колеблется в больших пределах (от 0,05 до 4-6 л/сек), увеличиваясь по мере приближения к раскрытым тектоническим нарушениям (табл.2).

Подземные воды с повышенным содержанием бора (более I50 мг/л) распространены также в пределах Закарпатья. Здесь они приурочены либо к соленосным образованиям нижнемиоценовых впадин (Солотвинской и Чопской), либо к флишевым палеогеновым породам Внутренней антиклинальной зоны Карпат. Повышенные концентрации бора (64 - I30 мг/л) обнаружены в термальных водах, выведенных глубокой скважиной на поверхность на окраине с.Ростоки (Чопская впадина). Температура термальной воды на самоизливе равна 37,5°, дебит I л/сек, содержание бора 64 мг/л. В районе с.Нересница (Солотвинская впадина) холодные хлоридные воды с минерализацией II,3 г/л содержат II4,2 мг/л бора, дебит их незначительный (до 0,I5 л/сек). Формирование этого типа вод происходит в процессе выщелачивания соленосных глинистых пород миоцена, содержащих до 0,003 % бора.

Районы с концентрацией бора более 500 мг/л

На территории западных областей Украины обнаружено два участка распространения подземных вод с концентрацией бора 527 и 944 мг/л (табл.3). Оба участка расположены во Внутренней антиклинальной зоне Карпат, сложенной меловым и палеогеновым флишем. По газовому и

Таблица 3

Содержание бора и других микрокомпонентов, имеющих промышленное значение, в углекислых водах Закарпатья по данным химического анализа

Местоположение и тип водопункта	Интервал опробования, м	Литология водовмещающих пород	Дебит, л/сек	Содержание, мг/л				
				B_2O_3	Li	Sr	J	Br
Свалява, скв.93	69,5	Песчаники, Pg_1	0,24	32,0	0,925	I,5	-	-
Драгово, скв.I	80,7	Песчаники, Pg_1	0,I4	I28,0	I,45	I,5	I,4	II,0
Соймы, скв.I	8,0	Песчаники, Pg_2	5,3	48,0	2,7	I,9	I,I	I,2
Шаян, скв.4р	I66,0	Гранодиориты, N_2	0,6	9,6	I,6	I,9	0,3	2,I
Плоское, скв.I	60,0	Песчаники, Pg_1	2,4	0,06	2,4	2,5	I,I	I,2
Черноголово, источник	-	Песчаники, Pg_1	0,I	0,0I	0,03	0,05	Нет	I,0
Вучково, скв.2р	20,6	Песчаники, Pg_1	0,6	527,0	8,2	I,9	2,8	I,I
Майдан, скважина	37,0	Песчаники и аргиллиты, Pg_1	I,5	80,0	9,2	Не определялось	I,4	8,6
Квасы, скв.2р	40,0	Песчаники, N_1	0,I6	944,0	II2,0	" "	I9,4	65,9
Заречево, скважина	II,0	Песчаники, Pg_1	0,06	II2,0	I,4	0,I4	Нет	43,0
Соль, скважина	II6,2	Аргиллиты и песчаники, Pg_3	I,2	80,0	9,4	0,I	2,2	5,0
Поляна-Купель, скважина	86,5	Песчаники, Pg_1	I,0	80,0	0,97	0,0I	I,2	2,0
Великий Березный, скважина	I05,0	Аргиллиты, Pg_3	0,34	I,6	0,03	0,02	Нет	Нет
Луги, скважина	82,0	Песчаники, Pg_1	2,0	27,2	0,47	0,005	"	0,6
Рахов, источник № I	-	Песчаники, Pg_2	0,I	65,0	Не определялось	0,09	0,I3	0,48

солевому составу воды этих участков (районы сел Вучково и Квасы) относятся к одному и тому же типу углекислых хлоридных натриевых вод. Общая минерализация их колеблется в пределах 20,4 - 28,7 г/л. Температура воды 9,5 - I2,5°. Глубина опробования 40 - 6I,7 м. Водовмещающими породами являются трещиноватые песчаники палеоценового и верхнемелового возраста. Для этих вод весьма характерно повышенное содержание мышьяка, достигающее 50 мг/л. Дебит скважин, вскрывших углекислые борно-мышьяковистые воды, очень небольшой (0,I4 - 0,I6 л/сек), что свидетельствует о затрудненном движении трещинных вод по дислоцированным ритмично чередующимся песчаникам и аргиллитам мелового возраста. В углекислых водах неглубокой циркуляции в верхней промытой части флишевых пород, распространенных в тех же районах, но отличающихся небольшой минерализацией и гидрокарбонатным кальциево-магниевым составом, содержание бора не превышает 2 - 3 мг/л.

Геохимические особенности формирования бороносных и литиевых вод западных областей Украины

На основании краткой характеристики распределения бора в подземных водах различных геологических районов западных областей Украины можно выделить следующие три генетические группы бороносных вод:

I) азотно-метановые воды выщелачивания соленосных глинистых пород;

2) углеводородные воды слабопромываемых газонефтяных структур;

3) углекислые воды районов молодой вулканической и гидротермальной деятельности.

П е р в ы й т и п бороносных вод формируется в результате выщелачивания бора из соленосных глинисто-песчаниковых пород. Анализ бора в этих породах показал преобладание его в нерастворимых остатках глинистого материала (0,005 - 0,09I %) по сравнению с содержанием в соляных минералах и породах. Максимальное количество бора в последних, по данным анализа С.М.Цвик, не превышает 0,003%.

В табл.4 приведены наиболее типичные результаты анализов бора в породах одного из наиболее крупных месторождений калийных солей в Предкарпатье.

Таблица 4

Содержание бора в породах Калушского калийного месторождения

Наименование породы	Среднее содержание B_2O_3, в вес.%	
	растворимая часть	нерастворимая часть
Сильвинитовая	0,0008	0,028
Каинитовая	0,004	0,005
Лангбейнит-каинитовая	0,002	0,018
Галитовая	0,001	0,002
Рассланцованная глина	0,006	0,02
Соленосная глина	0,001	0,016
Глинистая порода с астраханитом..	0,003	0,012

Наиболее значительные концентрации бора обнаружены в калийных соленосных образованиях сульфатного типа, что указывает на интенсивное соосаждение борных соединений именно в сульфатную раннюю стадию диагенеза лагунных осадков. Сопоставление данных гидрохимического опробования подземных вод соляных месторождений (табл.5) показало большую обогащенность бором подземных вод калийных месторождений (до 120 мг/л) по сравнению с содержанием бора в подземных водах месторождений каменной соли (не более 30 мг/л).

Таблица 5

Сравнительная характеристика бороносности подземных вод месторождений каменной и калийных солей

Место отбора пробы воды	Сухой остаток, г/л	pH	Содержание B_2O_3, г/л
1	2	3	4
Солотвинское месторождение каменной соли			
Восточная штольня, зумф № 3	0,4	6,8	1
Уклон шахты им.Хрущева	176	5,3	10
Восточная горная камера	164	5,4	16,28
Западная горная камера	314	5,5	16
Восточная галерея, зумф № 2	312	5.6	4

Окончание табл. 5

I	2	3	4
Шахта "Старый Людвиг", зумф № 2 ...	308	5,6	2
Западная галерея, зумф № 2	372	6,2	I0
Малая восточная галерея	44	8,I	I4
Шахта № 5, зумф № 5	0,4	7,3	0,5
Шахта № 2, зумф № 2	2	6,8	0,5
Шахта "Старый Людвиг", зумф № 3 ...	244	5,7	5
Шахта № I2, водоотливная	I64	6,3	I
Шахта № 7, водоотливная	3	7,5	0,5
Скважина I2г	I0	8,2	0,5
Скважина 54г	4	8,4	I
Шахта № 7, водоотливная	I,42	7,0	0,5
Шахта № 2, водоотливная, камера 2..	372	7,0	32
Шахта основная	256	7,2	32
Калушское месторождение калийных солей			
Шахта, ствол № 6 второй горизонт...	346,2	4,5	48
Шахта № 7	292,4	5,4	I20
Шахта, (тупик, первый горизонт)....	3I6,5	6,2	48
Шахта, ствол № 4	362,6	6,I	80
Домбровский карьер, источник I0 ...	I2,5	6,3	I
Домбровский карьер, источник I6 ...	446,2	6,3	8
Шахта, третий горизонт	295,6	5,6	20
Шахта, второй горизонт, ствол № 6..	387,6	5,4	20
Домбровский карьер, скв.49	72	6,4	8
Домбровский карьер, скв.50	234	5,4	6
Домбровский карьер, скв.55	250	5,3	6
Домбровский карьер, скв.52	390	6,2	32
Голынь (шахта, второй горизонт, ствол № 2)	290	5,2	24
Голынь (шахта, второй горизонт, ствол № I)	283	5,3	40
Шахта "Барбара"	382	5,6	I20
Колодец № I в с.Грыновка	I	6,2	4
Домбровский карьер, скв.53	I75	5,2	3
Шахта, второй горизонт	30I,I	5,9	32

Второй тип бороносных вод генетически связан с глубинными мезозойскими и палеогеновыми слабопромываемыми газонефтеносными структурами, которые благоприятны для накопления борных соединений и органических веществ. Максимальные концентрации бора в подземных водах этих структур достигают 250 - 300 мг/л, т.е. примерно в два-три раза выше максимальных концентраций бора в подземных водах более молодых нижнемиоценовых соленосных образований.

По мнению некоторых исследователей (Поливанова, I95I), накопление бора в нефтяных водах Предкарпатского прогиба происходит в результате разрушения органических веществ нефтяного типа микроорганизмами, жизнедеятельность которых угнетается в высокоминерализованных рассолах соленосных толщ. Значительные колебания концентраций бора в нефтяных водах, часто вне зависимости от изменений общей минерализации вод и содержания в них нефти, нафтеновых кислот, йода, брома и кальция, скорее подтверждают точку зрения С.Р.Крайнова (Крайнов и Капранов, I962) относительно парагенетических условий формирования борных вод и нефтяных месторождений в слабопромываемых гидрогеологических структурах с замедленным водообменом. Что же касается интенсивности развития бактерий в подземных водах соленосных образований, то присутствие высоких концентраций сероводорода (до 200,0 мг/л) в нижнемиоценовых рассолах, имеющих минерализацию 280-300 г/л (скв.8 в Трускавце), указывает на возможность их активной жизнедеятельности и в рассолах.

Большое влияние на концентрацию бора в подземных водах оказывают геохимические условия. Так,например, весьма значительные количества бора (до I00 мг/л B_2O_3) обнаружены в наиболее минерализованных рассолах с весьма низкими (отрицательными) значениями окислительно-восстановительного потенциала, указывающими на восстановительную обстановку. Интенсивность выщелачивания бора из вмещающих пород определяется главным образом агрессивными свойствами подземных вод. Содержание его увеличивается параллельно с ростом минерализации (табл.6).

Накопление бора в минерализованных водах озокеритовых залежей происходит в зоне внедрения вод окислительной обстановки в восстановительную. В результате этого, скопления нефтяных углеводородных веществ окисляются азотно-кислородными водами до озокерита, а бор более интенсивно вымывается из битуминозных глинистых пород.

Таблица 6

Содержание бора в сероводородных водах Бориславского озокеритового месторождения

Место отбора проб воды	Сухой остаток, г/л	pH	ℰH	Содержание, мг/л			
				B_2O_3	H_2S	J	Br
Горизонт 50 м, орт.I	I8	7,3	-390	24	I8,02	Следы	39,56
Горизонт 50 м, орт.2	20,4	6,8	-305	20	215,9	I,56	42,49
Горизонт 50 м, шурф № 3	4	7,8	-40	I2	8,5	Следы	II,72
Горизонт I00 м, 4-я обойка ...	240,4	5,6	-I60	96	8,5	24,44	I90,5
Горизонт I40 м, ствол № 5.....	4	7,6	+25	0,5	II,9	Следы	7,33
Горизонт I40 м, водосборник...	0,8	7,6	-90	I	9,52	"	Следы
Горизонт I40 м, забой	8I	6,4	-270	64	47,6	5,33	454,2
Горизонт I25 м, квершлаг	7	6,5	-I70	6	46,92	Следы	I6,I2
Горизонт I40 м, ствол № 3	3	8,I	-90	4	8,5	2,0	27,84

Формирование сероводородных вод протекает обычным путем при активном участии сульфат - редуцирующих бактерий.

Третий тип бороносных вод, наиболее обогащенных бором, генетически связан с проявлениями молодой вулканической и гидротермальной деятельности, проявившейся на территории западных областей Украины в пределах Выгорлат-Гутинской и Центральной синклинальной зон. Разгрузка бороносных обычно углекислых вод происходит по глубоким тектоническим нарушениям северо-западного и северо-восточного простирания.

Максимальное обогащение углекислых вод бором наблюдаемое повсеместно в районах молодой вулканической и гидротермальной деятельности, как отмечают исследователи (Красинцева, I960; Крайнов и Капранов, I962), является результатом высокой растворяющей способности свободной углекислоты. Так же как и в других типах подземных вод (азотных, углеводородных, метаново-сероводородных) увеличение содержания в углекислых водах сопровождается ростом общей минерализации при длительном взаимодействии с осадочными морскими породами. Близкие гидрогеохимические условия накопления бора и таких летучих компо-

нентов как ртуть, мышьяк, йод и бром проявляются в их одновременном присутствии в повышенных количествах в хлоридных углекислых водах (Голева, 1960). Очевидно, в результате взаимодействия гидротермальных растворов с уже сформировавшимися осадочными породами на первой стадии в порах и трещинах этих пород накапливались борные, мышьяковистые, йодные, бромные и другие летучие соединения. В последующую низкотемпературную стадию они подвергались выщелачиванию и переносу охлажденными углекислыми водами в ближайшие очаги разгрузки.

Литиевые воды

Повышенные концентрации лития (до 10 мг/л) наблюдаются в подземных водах небольшой группы нефтяных (Кохановка, Битков, Стрельбичи) и газовых (Грыновка) месторождений Предкарпатского прогиба. Более высокие концентрации (до 112 мг/л) отмечены в углекислых хлоридно-натриевых водах Закарпатья (с.Квасы), выведенных на поверхность с глубины 95 м. Максимальные концентрации мышьяка, бора и лития в углекислых хлоридных водах совпадают, что указывает на весьма близкие условия их накопления в водах, активно выщелачивающих обогащенный данными компонентами морской осадочный комплекс пород.

Подземные воды, выщелачивающие соленосные отложения Внутренней зоны Предкарпатского прогиба, содержат небольшие (до 5 мг/л) концентрации лития, так как основное его количество приурочено к вмещающим соляные пласты глинистым породам. В чистых соляных породах без примеси глинистого материала содержание лития не превышает 0,03 %. Максимальные его количества обнаружены в сернокислых калийных солях (каинитовой, каинит-лангбейнитовой) и в гипсово-ангидритовой шляпе месторождений. Содержание лития в галитовой породе не превышает 0,01 %. Литий, подобно бору, находится в основном в глинистых минералах в виде адсорбированных примесей.

Таким образом, закономерность распределения лития в соленосных породах различного химического состава имеет много общих черт с закономерностью распределения бора. Литий, так же как и бор, легко адсорбируется глинистыми частицами и сернокислыми соединениями.

Геохимические условия формирования литиевых вод изучены слабо. Почти все определения лития в подземных водах до последнего времени производились полуколичественными методами, отличающимися большой неточностью, особенно при анализах высокоминерализованных вод.

Дальнейшее накопление более точных данных о содержании лития в подземных водах на основании его определения новыми количественными фотоэлектрическими методами со спектральным окончанием позволит детально изучить геохимические условия формирования литиевых вод в различных геологических районах.

Таким образом, мы приходим к выводу о возможном комплексном использовании термальных йодо-бромно-борных вод газонефтеносного района Кохановка-Свидница. Наиболее обогащенные бором и литием углекислые мышьяковистые воды Закарпатья из-за небольшого их дебита целесообразно использовать лишь в лечебных и поисковых (на бор) целях.

Литература

Бабинец А.Е. Провинции минеральных вод Закарпатья. Геол.журнал, АН УССР, т. 9, вып. 3, 1948.

Голева Г.А. Минеральные воды Восточных Карпат и Предкарпатья. Вопросы формирования и распространения минеральных вод в СССР, М., Медгиз, 1960.

Красинцева В.В. О накоплении бора в минеральных водах в результате выделения его из осадочных пород. Проблемы гидрогеологии. Госгеолтехиздат, 1960.

Крайнов С.Р. и Капранов С.Д. Основные принципы применения гидрогеохимических методов для поисков месторождений бора. Советская геология, 1962, № 8.

Маков К.И. Подземные воды УССР. Изд.АН УССР, Киев, 1947.

Овчинников А.М. Основные черты гидрогеологии Восточных Карпат и Предкарпатья. Тр.МГРИ, т.25, 1950.

Овчинникова Л.К. Минеральные воды Закарпатской Украины. Тр.МГРИ, т.25, Госгеолиздат, 1950.

Пивовар И.Е. и Николаевская Е.И. Боропроявления на территории УССР. Рукопись. Фонды Укргеология, 1954.

Поливанова А.И. Воды нефтяных и газовых месторождений Западной Украины. Сб.авторефератов ВНИГРИ, вып.5, Л., Гостоптехиздат, 1951.

Романюк А.Ф. Гидрогеологические условия газовых месторождений Предкарпатья. Вопросы геологии, гидрогеологии и геохимии нефтегазоносных районов Украины. Тр.УкрНИГРИ вып.2, Гостоптехиздат, М., 1959.

В.И.Гуревич

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БОРА В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

В процессе региональных геохимических исследований 1958 - 1961 гг., проведенных автором на территории Архангельской, Вологодской, Новгородской, Ленинградской, Псковской и Калининградской областей, производилось опробование на содержание бора геологических формаций, слагающих северную часть Русской платформы. Изучалось содержание бора в подземных и поверхностных водах. При обобщении результатов были использованы и данные предшествующих ученых.

При разбраковке результатов 2847 определений бора в породах и все определения в водах были условно признаны "достоверными" и послужили основой для выявления закономерностей его распространения.

Распределение бора в породах

Содержание бора в различных литологических типах пород севера Русской платформы колеблется в широких пределах. Среднее содержание борной кислоты в отложениях этого региона составляет 0,029%. Наименьшая средняя концентрация (0,005%) приурочена к гипсам и ангидритам, наибольшая отмечается в породах, содержащих глауконит (0,121% B_2O_3).

Данные о содержании бора в породах различного состава и, в качестве сравнения, в водах, золах торфов и т.д. приведены на рис.1. Из рисунка видно, что опробованные породы расположены в условной последовательности, характерной для осадконакопления. Среднее содержание бора растет от обломочных пород к глинам, снижается в карбонатных породах, достигает минимума в гипсах и начинает расти в солях (галит и полигалит).

Таким образом подтверждается справедливость взглядов В.М. Гольдшмидта, (Гольдшмидт и Петерс, 1938) указывавшего на двойственность поведения бора в осадочном цикле. С одной стороны наблюдается его тяготение к гидролизованным элементам, с другой - к элементам, сконцентрированным выпариванием.

В числе своих основных положений о геохимии бора Гольдшмидт

и Ландергрен (Landergren, 1959) указывают, что содержание бора в осадках повышается вместе с понижением зернистости пород, т.е. вместе с повышением их глинистости. Этот вывод является совершенно правильным для подавляющего большинства отложений, но на некоторые образования он не распространяется. В самом деле, породы аллитового ряда и глаукониты не являются глинистыми, однако зачастую отличаются высоким содержанием бора. По-видимому, в этом отражается тяготение повышенных концентраций бора к коллоидным и метаколлоидным образованиям, имеющим (или имевшим) большую сорбционную поверхность.

Следовательно, правильнее считать, что при прочих равных условиях (*соленость бассейна осадконакопления, близость к вулканическому очагу*) содержание бора пропорционально сорбционной емкости породы. *Естественно, что этот вывод не относится к чисто галогенным образованиям, обладающим совершенно иным характером стабилизации бора.*

При рассмотрении природы фиксации бора отложениями севера Русской платформы выявляется несколько составляющих, *соотношение которых* обусловливает валовое содержание бора в породах различного состава.

Определенная часть бора заключена в кристаллической решетке ювенильных боросиликатов, в частности железистого турмалина - шерла, устойчивых в поверхностных условиях. К числу новообразований борных минералов, кроме шерла, относится дравит (магнезиальный турмалин), отмеченный на востоке описываемой территории, на Западном Тимане и в кварцитах нижнего кембрия.

В бассейне р.Пинеги (Архангельская область) имеются находки мельчайших единичных кристалликов боратов (гидроборацита и ашарита) в кунгурских отложениях нижней перми.

В общем балансе бора среди отложений изучаемой территории роль новообразований борных минералов, по-видимому, значительно уступает роли сорбции. Сорбция соединений бора глинами, гидролизатами и иными образованиями отмечается в работах Гольдшмидта и Петерса (1938), Ранкама и Сахама (1950), М.Г.Валяшко (1953), Ландергрена (1959) и др.

Наши данные о содержании бора в осадочных породах севера Русской платформы косвенно свидетельствуют о том, что фиксация бора в составе поглощенного комплекса - одна из важнейших форм экзогенного существования бора в микро- и мезоколичествах.

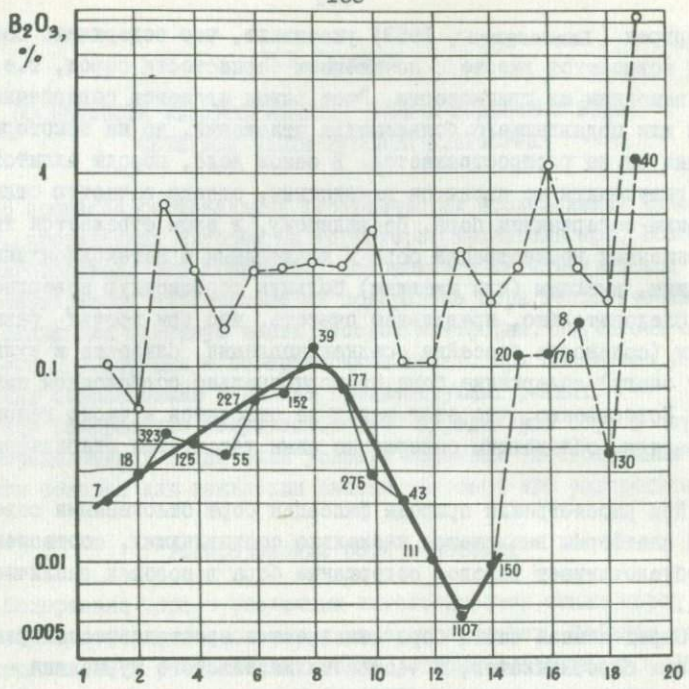


Рис.I. Среднее и максимальное содержание бора в отложениях северной части Русской платформы

Содержание B_2O_3: —— - среднее; --- - максимальное;
323-число достоверных анализов

I - граниты, гранодиориты, диабазы; 2 - галечники, конгломераты; 3 - пески, песчаники, кварциты; 4 - алевриты, алевролиты; 5 - метаморфизованные сланцы; 6 - глины, глинистые сланцы,аргиллиты; 7 - сиаллиты, бокситы, аллиты; 8 - глауконитсодержащие породы; 9 - мергели и известковистые глины; I0 - известняки; II - целестин, ратовкит, кремень; I2 - доломиты; I3 - гипсы и ангидриты; I4 -галит и полигалит; I5 - торф (зола); I6 - наземные растения (зола); I7 - морские растения (зола); I8 - подземные и поверхностные воды (сухой остаток); I9 - поглощенный комплекс (сухой остаток водной вытяжки)

Другое подтверждение этому основано на изучении содержания бора в водных вытяжках пород рассматриваемой территории. Известно, что состав водной вытяжки отражает в какой-то мере состав поглощенного комплекса породы. Например, согласно данным А.П.Виноградова (1957), воднорастворимый бор составляет в среднем около 10 % валового бора в почвах.

Следует напомнить, что в работах В.М.Гольдшмидта (1938), М.Г.Валяшко (1953) и других исследователей установлено, что поглощение бора глинистыми осадками усиливается с повышением солености бассейнов осадконакопления. Этот вывод подтверждается данными материалов, полученных для северной части Русской платформы. Однако, правильнее, по-видимому, считать, что поглощение бора усиливается по мере падения растворимости его соединений. Растворимость их в природных водах по мере концентрирования обычно падает. Действительно, увеличение солености достигается почти всегда за счет роста содержания $CaSO_4$, $NaCl$, $MgCl_2$ и др., то-есть солей, снижающих растворимость H_3BO_3.

Растворимость же боратов, как известно, увеличивается в присутствии солей щелочных металлов (кроме $NaCl$). В природных условиях наиболее распространенными являются гидрокарбонат натрия и KCl (Горбов, 1960).

Поэтому можно предполагать, что переход иона калия в твердую фазу, резко снижая растворимость H_3BO_3, создает предпосылки для интенсивной сорбции бора. Таким образом, содержание бора в осадочных породах, в частности в глинах, зависит не только от солености бассейна осадконакопления, но и от присутствия в водах ионов щелочных металлов, в первую очередь калия.

В геологических формациях, слагающих северную часть Русской платформы, при среднем содержании бора, равном 0,029% B_2O_3, концентрация его в отложениях различного возраста, как показывает рис.2, сильно колеблется.

Из рис.2 видно, что график среднего содержания имеет четыре максимума: Cm_{2+3}, D_3fm, P_2kz+t, Cr_{1+2}. Если сравнить эти максимумы с распределением во времени тектонических этапов (по Г.Штилле), то отмечается точное совпадение I, II и IУ пиков (соответственно) с началом каледонского, герцинского и альпийского тектонических этапов, а третьего пика – с концом герцинского.

Иными словами, повышенные по сравнению с кларком концентрации бора приурочены к отложениям начальных и конечных фаз основных тектонических этапов; пониженные концентрации – к отложениям средних фаз.

Возникает вопрос в чем заключаются причины увеличения содержания бора в отложениях, соответствующих во времени начальным фазам крупнейших тектонических этапов. Первая причина обусловлена оживлением вулканической деятельности, сопровождаемой

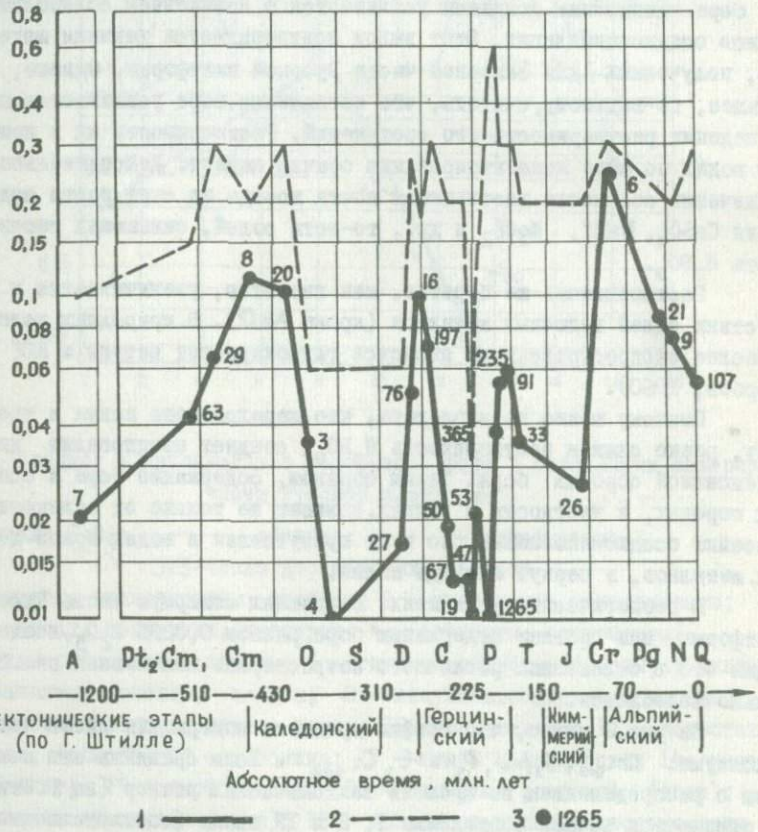


Рис.2. График изменения во времени среднего и максимального содержания бора в отложениях северной части Русской платформы

Содержания B_2O_3: ——— – среднее; – – – – максимальное; I265 – число достоверных анализов

привносом в атмосферу и гидросферу большой массы летучих соединений бора, имеющих большое значение (Виноградов, 1959) в общем балансе борных соединений. Вторая и, по-видимому, более важная причина обусловлена литолого-фациальными особенностями начальных фаз тектонических этапов.

В составе отлагавшихся пород значительную роль играли коллоидные, метаколлоидные и просто тонкодисперсные образования, обладающие большой сорбционной емкостью по отношению к борным соединениям.

В средние фазы тектонических этапов образовывались отложения преимущественно карбонатных фаций. В этот период бор накапливался незначительно, так как предел насыщения бора не достигался и сорбирующие его минералы (в частности, глинистые) почти не отлагались.

В поздние и конечные фазы тектонических этапов (геократические эпохи) широкое развитие получили бассейны с повышенной соленостью. Терригенные осадки, поступая в соленые лагуны и озера, увлекали бор тем успешнее, чем выше была степень их дисперсности (Гуревич, 1960). Если же терригенный материал не привносился и отлагались чисто хемогенные известняки, доломиты, гипсы, ангидриты, даже галит, то бор выводился в донную фазу в самой ничтожной мере. Выпадение боратов в этом случае началось бы при садке калийных солей. Но калийные соли в пределах изучаемой территории Русской платформы не отмечаются.

Распространение бора в подземных и поверхностных водах

В гидрогеологическом отношении описываемая территория относится к северной части Прибалтийского, Московского и Северо-Двинского артезианских бассейнов (Каменский и др. 1959).

Бороносность вод рассматриваемого региона изучена недостаточно. Автору настоящей статьи известно лишь о 250-300 определениях бора. При этом во многих водах бор не обнаружен.

Абсолютное содержание бора в водах севера Русской платформы невелико и колеблется от 0,5 до 140-150 мг/л HBO_2. Наибольшее содержание бора (143 мг/л HBO_2) отмечено в воде гдовского горизонта C_{m_1}, вскрытого на глубине 1532-1613 м Пестовской опорной скважиной.

Распределение бора в водах севера Русской платформы неравномерное, во многом зависит от гидродинамических особенностей этой части Русского артезианского бассейна и, в первую очередь, от рас-

положения областей питания, застоя и разгрузки.

О б л а с т ь п и т а н и я. В основном охватывает: Балтийский кристаллический массив для Прибалтийского артезианского бассейна, Карельский перешеек, Сидуринское плато и Валдайскую возвышенность Московского артезианского бассейна, Прионежье, Онего-Двинское междуречье, Северные Увалы и западный склон Тимана Северо-Двинского артезианского бассейна. Воды пресные и весьма пресные, в значительной мере гидрокарбонатные натриевые. Отмечаются интенсивные процессы выщелачивания и, в том числе, выщелачивание соединений бора. Содержание бора в водах вследствие интенсивности водообмена весьма незначительное (сотые и десятые доли, реже до I - 2 мг/л HBO_2). Например, вода из второго ламинаритового горизонта в г.Ломоносове содержит около I,4 мг/л HBO_2. Многочисленные пробы воды, отобранные автором на Западном Тимане (район р.Мезенской Пижмы), содержат бор лишь в следах и менее.

О б л а с т ь з а т р у д н е н н о г о в о д о о б м е н а. Степень гидрогеологической закрытости (в значительной мере *определяемая глубиной залегания подземных вод) в целом возрастает* к юго-востоку от Балтийского щита. По мере увеличения глубины в основном происходит возрастание содержания бора, постепенно отстающее от роста минерализации. Примерами вод этого типа могут служить воды, вскрытые Валдайской, Крестецкой, Пестовской и Советской опорными скважинами.

О б л а с т ь р а з г р у з к и охватывает в основном побережье Балтийского моря и Псковскую озерную котловину для Прибалтийского артезианского бассейна; Ладожское озеро, Невскую и Приильменскую низины для Московского артезианского бассейна; низовья рек Онеги, Сев.Двины, Мезени и побережье Белого моря для Северо-Двинского артезианского бассейна.

Воды смешанные, различные по составу и степени минерализации. При смешении мигрирующих снизу рассолов с пресными грунтовыми водами происходит разубоживание первых, сопровождаемое обычно резким снижением содержания бора. Но иногда отмечается и обогащение бором смешанных вод: вначале бор, плохо растворимый в водах гидрокарбонатного кальциевого и магниевого или сульфатного натриевого типа, переходит в поглощенный комплекс, а затем, в случае смены этого типа вод на гидрокарбонатный натриевый, снова мигрирует в жидкую фазу.

Резкое изменение состава и типа вод при малых величинах общей минерализации происходит очень легко. Этим объясняется образование необычных вод с высоким содержанием бора при низкой общей минерализации.

Процесс обогащения вод бором зависит от климатических особенностей и, по-видимому, носит сезонный характер.

Пресная вода, отобранная автором в 1958 г. из подруслового потока р.Мудьюги (в 200 м выше д.Патракеевка, Архангельская область), содержит бор в повышенном количестве (8,8 мг/л HBO_2).

Более ярким примером могут служить воды некоторых источников в районе р.Куя (Зимний берег), содержащих до 66 мг/л HBO_2 при общей минерализации менее 0,2 г/л.

Итак, появление бора в водах вызывается различными природными процессами. В пределах севера Русской платформы большое значение *при обогащении* бором природных вод может иметь выщелачивание поглощенного комплекса осадочных пород в условиях, благоприятствующих переходу бора в жидкую фазу. Предположение о существенной роли поглощенного *комплекса водовмещающих пород подтверждают* результаты анализов водных вытяжек. Анализы показали, что содержание бора по отношению к весу сухого остатка вытяжки колеблется от 0,01 до 6 % B_2O_3. При этом значения ниже 0,1%отмечаются в *засоленных породах* или вытяжках из каменной соли.

Возможность перехода бора из поглощенного комплекса определяется, прежде всего, литологическим составом пород и физико-химическими особенностями зоны циркуляции вод.

Однако наряду с отмеченными процессами наблюдается и явная зависимость содержания бора от степени концентрирования вод (см. рис.3).

По мере роста минерализации в пределах от весьма пресных до пресных вод отмечается резкий рост содержания бора. Это обычно воды гидрокарбонатные натриевые.

В пределах интервалов минерализации от 1 до 5 г/л происходит спад содержания бора. Заметим, что большинство вод уже не гидрокарбонатные натриевые, а гидрокарбонатные магниево-кальциевые и сульфатные *кальциевые*. Иначе, *это солоноватые* воды с преобладанием щелочноземельных катионов.

В интервалах минерализации от 5 до 10 г/л (в основном это воды хлоридного натриевого состава) *содержание бора возрастает* до

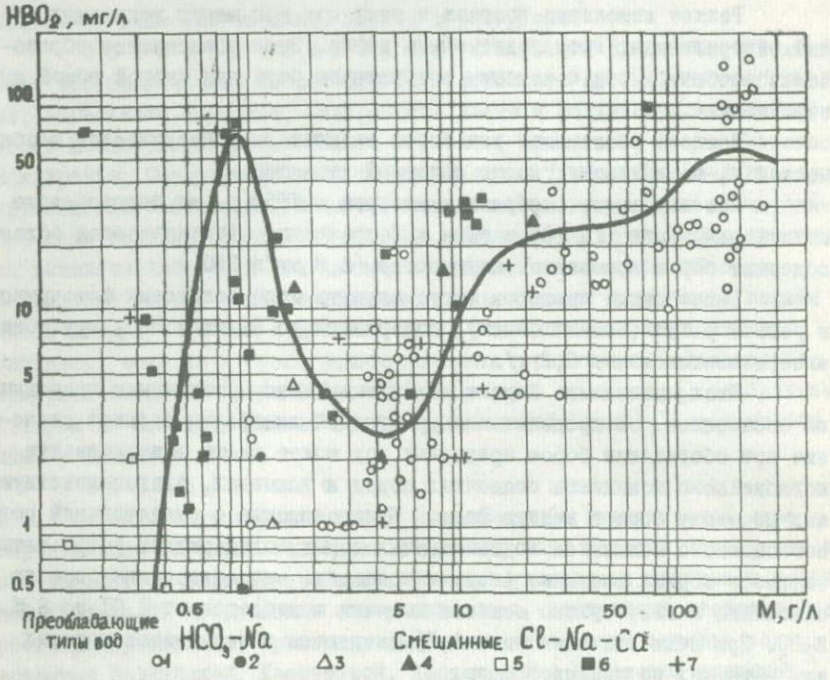


Рис.3. График зависимости содержания бора от минерализации вод севера Русской платформы

Тип воды:

1 ○ Cl – Na – Ca	5 □ HCO_3 – Ca – Mg
2 ● Cl – Na – Mg	6 ■ HCO_3 – Na
3 △ SO_4 – Ca – Mg	7 + неизвестный
4 ▲ SO_4 – Na	

5 – 30 мг/л HBO_2.

По мере роста минерализации от 10 г/л в целом намечается неуклонное, хотя и весьма медленное, увеличение содержания бора.

Содержание бора зависит и от типа воды, поскольку растворимость борных соединений определяется химическим составом растворенных солей.

Воды и рассолы хлоридного магниево-натриевого состава содержат обычно Na_2SO_4 и, что особенно важно, KCl . Поэтому в рассолах

этого типа (а также, естественно, в сульфатных и гидрокарбонатных натриевых соленых водах и рассолах) бор имеет тенденцию к накоплению. Однако в пределах изучаемой территории, если считать по преобладающим ионам, а не согласно классификации В.А.Сулина, рассолы этих типов практически отсутствуют.

Воды с преобладанием щелочноземельных катионов (гидрокарбонатные кальциевые и магниевые, сульфатные кальциевые, хлоридные натриево-кальциевые) подавляют миграционные способности H_3BO_3. Это подтверждается графиками зависимости относительного содержания ($\frac{M}{HBO_2}$) от коэффициента $r\frac{Na}{Cl}$, являющегося в определенной мере показателем метаморфизации воды (*рис.4*).

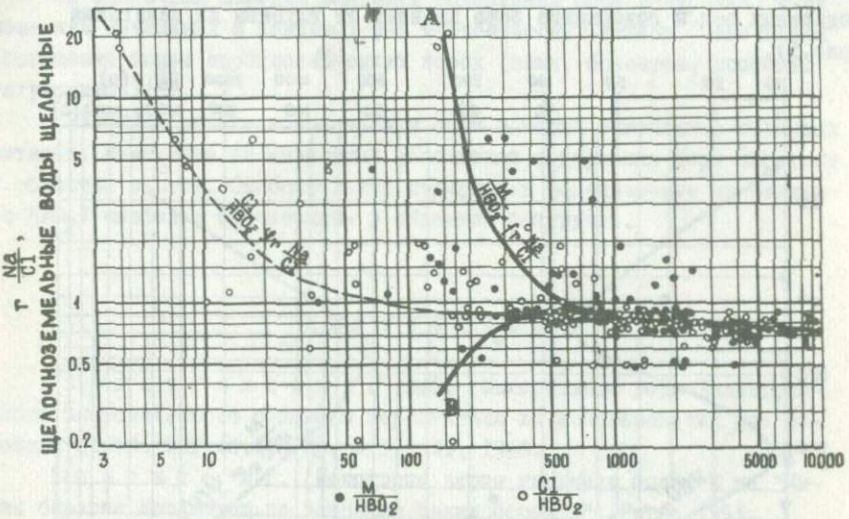


Рис.4. График зависимости относительных концентраций бора от метаморфизации вод севера Русской платформы

При уменьшении доли щелочных элементов (соответственно, преобладании щелочноземельных) падает процентное содержание бора в водах.

В хлоркальциевых (Cl-Na-Ca) рассолах, возникших в процессе длительной метаморфизации, сульфат-ион подавляется кальцием. И, что очень важно, снижается содержание калия, уходящего во вмещающие глинистые породы при катионном обмене и сорбции. Поэтому в рассоле остается только NaCl, $MgCl_2$ и $CaCl_2$. Неудивительно, что анализы особо

сильно метаморфизованных хлоркальциевых рассолов (Урало-Поволжье, Восточная Сибирь, Туркмения) показывают относительно невысокое содержание бора. Напротив, на Колганской разведочной площади (Оренбургская область) при самоизливе из пермских галогенно-сульфатных пород с глубины около 420 м получен рассол хлоридного магниево-натриевого состава с удельным весом I,23 и содержанием B_2O_3 до I,8 г/л.

В течение длительного геологического времени такие "аномальные" воды сохраняются лишь в галогенных толщах при отсутствии процессов ионного обмена и сорбции (Гуревич, I960).

Итак, содержание бора в водах зависит прежде всего от состава водовмещающих пород, типа воды и минерализации. Минерализация подземных вод и содержание бора зависит от глубины их залегания (рис.5).

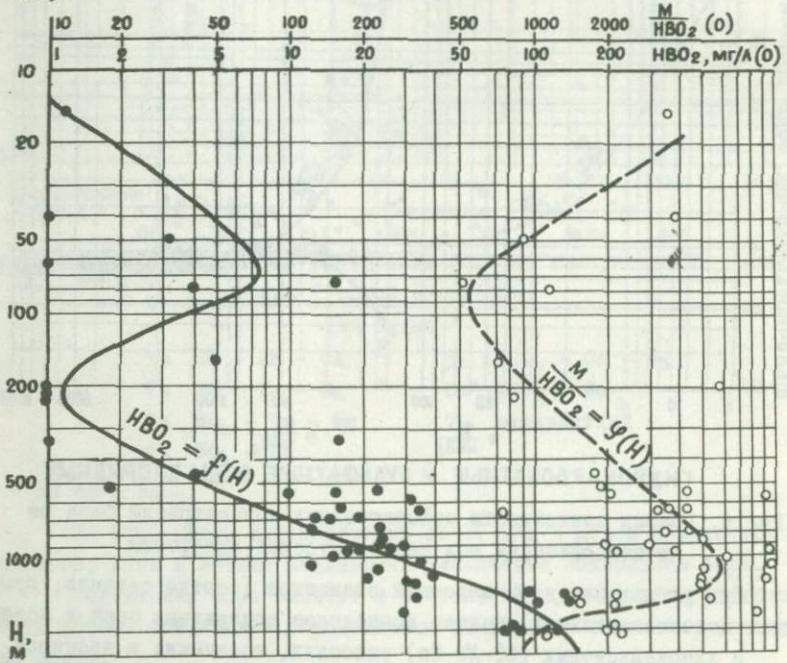


Рис.5. Зависимость содержаний бора от глубины залегания вод севера Русской платформы

В связи с недостаточным количеством определений бора в водах некоторых комплексов, судить о приуроченности повышенных концентраций бора к определенным водоносным комплексам не представляется возможным.

Заключение

Отложения и природные воды северной части Русской платформы содержат бор в небольших количествах. Ориентировочное среднее содержание бора в породах около 0,03 % B_2O_3. Содержание бора в водах не превышает 150 мг/л HBO_2.

В осадочных породах максимум содержания бора приурочен к отложениям начальных и конечных фаз тектонических этапов. Отмечается обогащение бором сорбционно-емких пород (глин, бокситов, особенно глауконитов).

Наиболее низкие концентрации бора в водах отмечены в областях питания. Наивысшие из известных абсолютные содержания бора тяготеют к областям застоя. Относительные содержания (оцениваемые по величине HBO_2) наиболее значительны в областях разгрузки.

Литература

Архангельский Б.Н. Минеральные воды Ленинградского экономического района и перспективы их использования для лечебных целей. Инф.сб.ВСЕГЕИ, № 31, Л., 1960.

Валяшко М.Г. Некоторые черты геохимии бора. В кн."Химия боратов.Мат.совещ.по вопросам химии боратов". Рига, 1953.

Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. Изд-во АН СССР, 1957.

Виноградов А.П. Химическая эволюция земли. Изд-во АН СССР, 1959.

Гатальский М.А. Подземные воды и газы палеозоя северной половины Русской платформы. Гостоптехиздат, Л., 1954.

Гольдшмидт В.М. и Петерс К. К геохимии бора 1934. В кн. "Сборник статей по геохимии редких элементов". Перев. с нем.М. - Л., 1938.

Горбов А.Ф. Основы генетической классификации боратов. Тр.ВНИИГалургии, вып.40, 1960.

Гуревич В.И. О метаморфизации подземных вод в процессе катагенеза. Тр.ВНИГРИ, сб."Геология и геохимия", № 3 (IX), 1960.

Гуревич В.И. Некоторые особенности распределения бора в осадочных породах севера Русской платформы. Тр.ВНИИГ, вып.XI, Госхимиздат, Л., 1960.

Каменский Г.Н., Толстихина М.М. и Толстихин Н.И. Гидрогеология СССР. Госгеолтехиздат, М., 1959.

Коновалов Г.С. Микрокомпоненты в главнейших реках СССР, Тр. III Всесоюзного гидрогеолог.съезда, т.10, Гидрометеоиздат, Л., 1959.

Щербаков А.В. Гидрогеохимические исследования при поисках и разведке подземных бороносных вод. ВСЕГИНГЕО, Госгеолтехиздат, М., 1961.

Landergren S. Sur la distribution du bore dans les sediments marins argileux. Top.et geol.prof. océan.Paris,1959.

Rankama K., Sahama T.G. Geochemistry.Chicago,1950.

Л.В.Славянова и А.Б.Воронов

БОР В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Бор, наряду с бромом и йодом, является одним из микроэлементов, широко распространенных в водах нефтяных месторождений Волго-Уральской области. Сведения о содержании бора в подземных водах этой территории в своих работах приводят В.А.Кротова, С.М.Катченков, Е.И. Флегонтова, А.О.Шварцман, Н.В.Тагеева, М.И.Зайдельсон, А.Н.Козин, Я.Г.Свердлов, И.Б.Фейгельсон и др. Специальные работы на бор проводили А.М.Иванов (1954) и Т.И.Казмина (1952).

В результате проведенных работ были выявлены отдельные закономерности распределения бора в подземных водах. В частности, было установлено, что относительно повышенное содержание бора в подземных водах связано с щелочными водами, а несколько пониженное с хлоридно-натриево-кальциевыми.[x)]

Т.И.Казминой для выяснения вопроса с чем связано пониженное содержание бора в минерализованных хлоридно-натриево-кальциевых водах был проделан ряд опытов, которые подтвердили соосаждение бора в хлоридно-натриево-кальциевых водах высокой минерализации. На основании этих опытов она, в частности, объясняет небольшое содержание бора в сильно минерализованных водах хлоридно-натриево-кальциевого типа девонских отложений. Однако известно, что в высокоминерализованных водах девонских отложений содержание бора колеблется в широких пределах от 9 (Туймазы) до 173 мг/л (мелекесская опорная скважина). Если исходить из указанного Т.И.Казминой положения, то такое значительное колебание в содержании бора трудно объяснить.

В пределах рассматриваемой территории распространены хлоридно-натриевые и хлоридно-натриево-кальциевые воды, в которых установлено высокое содержание бора, достигающее 500 мг/л. Следовательно, такая большая концентрация бора в водах Волго-Уральской области зависит не только от типа воды, но также и от ее минерализации, лито-

---

x) Н.В.Тагеева в 1943 г. при подсчете кларков бора для нефтяных вод установила, что кларки бора для щелочных вод примерно в два раза больше, чем для хлоридно-натриево-кальциевых.

логии водовмещающих пород, скорости движения подземных вод и других факторов. Ряд исследователей пытались выяснить роль этих факторов в накоплении бора в подземных водах, однако оказалось, что полученные данные часто не только не сопоставимы между собой, но и противоположны друг другу.

Так например, А.М.Иванов считает, что "с увеличением второй солености и минерализации вод в пермских, каменноугольных и девонских отложениях увеличивается содержание бора". Иначе говоря, повышенная концентрация бора в этих отложениях связана с наличием хлоридов кальция и магния, а также сернокислого кальция и сернокислого магния.

Т.И.Казмина приходит к противоположным выводам. Она считает, что с увеличением минерализации и содержания кальция в подземных водах происходит уменьшение в них бора. Этот вывод Казминой подтверждает А.М.Иванов, по мнению которого в пределах Сызранского месторождения количество B_2O_3 в пластовых водах увеличивается с уменьшением минерализации.

В.А.Кротова (I953) отмечает, что снижение бора с глубиной в районе Зольного Оврага явление непонятное, если учесть, что именно в Зольном Овраге в пашийских отложениях было констатировано наибольшее значение бора и аммония. Ряд исследователей (И.Б.Фейгельсон, Я.Г.Свердлов и др.) в своих работах отмечают, что закономерностей в распространении бора им подметить не удалось.

При проведении работ по изучению распространения бора в подземных водах Волго-Уральской области мы попытались разобраться и выявить имеющиеся закономерности в распределении бора в подземных водах. В этом районе повышенное содержание бора было установлено в водах пермских, каменноугольных и девонских отложений. Наиболее высокое его содержание было отмечено в водах нижнепермских отложений. Всего было опробовано свыше 400 водопунктов Саратовской, Куйбышевской, Пермской и Оренбургской областей, а также Татарской и Башкирской АССР.

В подземных водах верхнепермских отложений содержание бора не превышает 60 мг/л, т.е. не превышает самых нижних пределов кондиций, необходимых для извлечения бора из подземных вод. Воды этих отложений опробовались по всей площади их распространения. Установлено, что в пределах положительных структур (Татарский свод), являющихся областями питания подземных вод верхне-

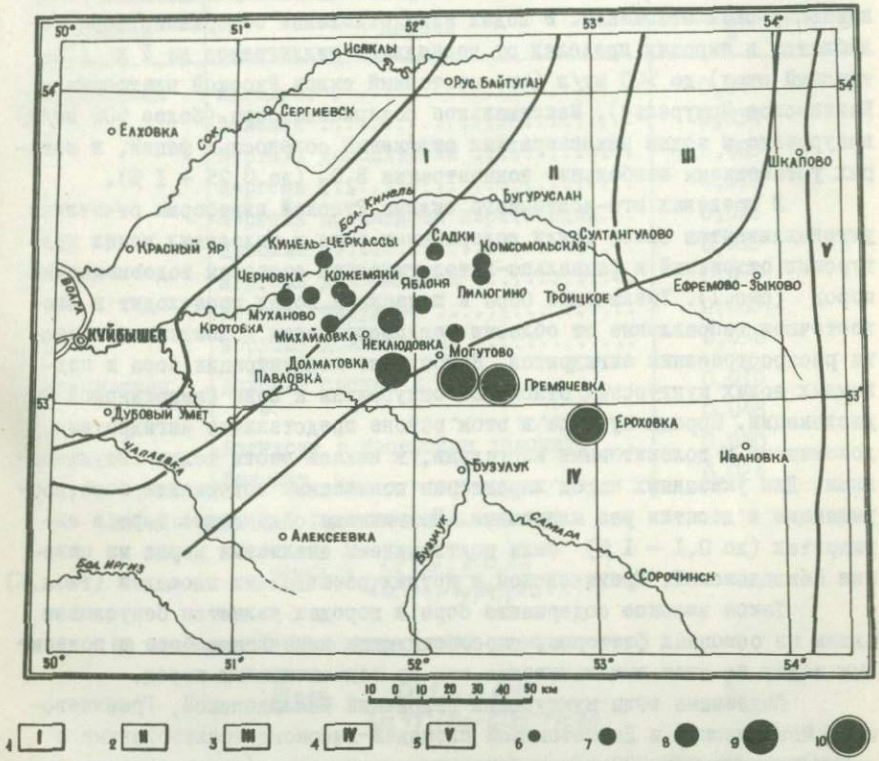


Рис.I. Карта содержания бора в подземных водах кунгурских отложений (составлена по материалам Т.В.Макаровой, З.И.Бороздиной и др., 1960г.)

пермских отложений, содержание бора редко превышает 10 мг/л (Серноводск, Фиков-Колок и др.). По мере погружения указанных отложений, в пределах юго-восточного склона Русской платформы содержание бора увеличивается и в районе г.Бугуруслана достигает 20 - 30 мг/л, а в Марасинске 60 мг/л.

Значительно более детально опробованы на бор подземные воды нижнепермских отложений. В водах этих отложений содержание бора колеблется в широких пределах от нескольких миллиграмов на I л (Татарский свод) до 500 мг/л (юго-восточный склон Русской платформы и Башкирское Приуралье). Максимальное содержание бора (более 500 мг/л) приурочено к водам нижнепермских отложений соленосных фаций, в которых установлены наибольшие концентрации B_2O_3 (до 0,75 - I %).

В пределах юго-восточного склона Русской платформы отчетливо устанавливается связь между содержанием бора в подземных водах кунгурских отложений и фациально-литологическим составом водовмещающих пород (рис.I). Увеличение бора в подземных водах происходит в юго-восточном направлении от области распространения доломитов к области распространения ангидритов. Наибольшие концентрации бора в подземных водах кунгурских отложений приурочены к зоне Самаркинской дислокации. Породы кунгура в этом районе представлены ангидритами, доломитами и доломитовыми мергелями, в нижней части толщи битуминозными. Для указанных пород характерны повышенные содержания бора, превышающие в десятки раз кларковые. Повышенные содержания бора в ангидритах (до 0,I - I %) были подтверждены анализами керна из скважин Неклюдовской, Гремячевской и других разведочных площадей (табл.I)

Такое высокое содержание бора в породах является безусловно одним из основных факторов, способствующих накоплению бора в подземных водах за счет выщелачивания его из водовмещающих пород.

Подземные воды кунгурских отложений Неклюдовской, Гремячевской, Могутовской и Долматовской площадей-высокоминерализованные с сухим остатком до 300 г/л и более хлоридно-кальциево-натриевого состава. Воды высокометаморфизованные с коэффициентом $\frac{Na}{Cl}$ до 0,4. Содержание кальция здесь, как правило, превышает содержание натрия, а сумма кальция и магния редко ниже 60 мг.экв %. Химический состав воды по формуле Курлова следующий:

Таблица I

Содержание бора в породах кунгурских отложений Неклюдовской и Гремячевской площадей (анализы выполнены спектральной лабораторией ВИМСа)

Площадь	Порода	Содержание B_2O_3, %
Неклюдовская	Ангидрит	0,040
	Доломит	0,036
	Мергель доломитовый	0,063
	Мергель	0,013
	Мергель со следами пиритизации...	0,036
	Доломит	0,019
	Мергель доломитовый	0,075
	Мергель битумный	0,065
	Мергель доломитовый	0,058
Гремячевская	Доломит битумный	0,010
	" "	0,048
	Ангидрит с прослоями доломита ...	0,080
	Доломит	0,024

Из скважины № 5 Гремячевской площади

$$M264{,}9\ \frac{Cl\ 99;\ B\ 0{,}25}{Ca\ 34;\ Mg\ 34;\ (Na+K)\ 31};$$

Из скважины № 22 Неклюдовской площади

$$M312\ \frac{Cl\ 99;\ B\ 0{,}12}{Ca\ 41;\ (Na+K)\ 38;\ Mg\ 20}.$$

Отмечено, что по мере увеличения глубины залегания, подземные воды обогащаются хлоридами кальция, которые в предельно концентрированных и метаморфизованных водах начинают вытеснять хлориды натрия, в связи с чем уменьшается отношение $\frac{Na}{Cl}$. Таким образом, величина $\frac{Na}{Cl}$ частично отражает солевой состав и степень метаморфизации подземных вод хлоридно-кальциевого состава. Наблюдается, что при уменьшении отношения $\frac{Na}{Cl}$ содержания бора в подземных водах увеличи-

ваются, а сульфатов уменьшаются. Хлоридно-натриевые воды с коэффициентом $\frac{Na}{Cl} > 0,9$ обычно имеют повышенную сульфатность и низкое содержание бора (до 10 - 20 мг/л).

Хлоридно-натриево-кальциевые воды с коэффициентом $\frac{Na}{Cl}$ 0,9 - 0,5 имеют пониженную сульфатность и содержание бора до 80 - 100 мг/л. Хлоридно-кальциевые воды с коэффициентом $\frac{Na}{Cl} < 0,5$ обычно бессульфатные, содержание бора максимальное - от 100 до 500 мг/л. Для этих вод характерны низкие величины pH. Причем, наибольшее содержание бора отмечается в водах Гремячевской площади, которые являются наиболее кислыми среди подземных вод кунгурских отложений данного района (рис.2). В подземных водах Могутовской площади, где pH = 7 (реже 8), содержание бора обычно незначительное (табл.2).

Таблица 2

Содержание бора в подземных водах кунгурских отложений Северо-Западной части самаркинских дислокаций

Площадь	№ скважины	Общая минерализация, г/л	Содержание, экв.%		pH	Окисляемость, мг.экв/л	B, мг/л
			Ca	Ca+Mg			
Неклюдовская	13	308,03	41,31	60,40	7,1	9,6	143
	1	304,12	44,50	63,61	5,8	11,2	162,6
	22	307,61	42,12	61,72	5,0	4,8	192,4
Гремячевская	25	277,78	47,40	70,97	5,4	-	420
	5	264,37	34,42	67,17	5,0	-	304,9
	7	299,9	36,0	63,7	5,7	-	502,7
Могутовская	27	283,64	34,98	47,53	7,6	22,4	40
	10	287,17	49,75	65,25	7,2	13,6	30

Обратная зависимость установлена между содержанием бора в подземных водах и величиной их окисляемости.

Высокие содержания бора были обнаружены также в подземных водах рифовых массивов Башкирского Приуралья. Рифовые массивы прослеживаются полосой вдоль западного борта башкирской части Предуральской депрессии. Подземные воды в рифовых известняках представлены рассолами хлоридно-натриево-кальциевого состава различной степени мета-

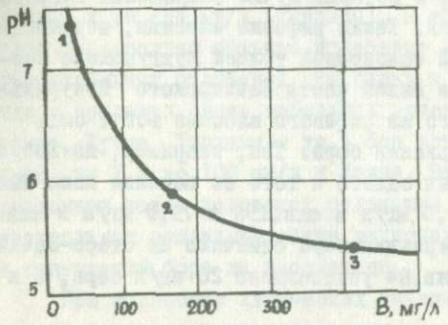


Рис.2. Кривая зависимости содержания бора от pH в подземных водах P_Iкф
W – Средний анализ вод P_Iкф
I – дер.Могутово, 2 – дер.Неклюдовки, 3 – дер.Гремячевка

морфизации. Высокие содержания бора были установлены в подземных водах Столяровского (260 мг/л), Введеновского (269,8 мг/л), Южно-Введеновского (I57,8 мг/л), Федоровского (I70,I мг/л), Тереклинского (I86,8 мг/л), Старо-Казанковского (213,0 мг/л), Кончуринского (I74,7 мг/л), Ишимбаевского (270,6 мг/л) и других массивов. Установлено, что наибольшие содержания бора (свыше 200 мг/л) отмечаются преимущественно в рифах, имеющих наибольшие размеры (массивы Введеновский, Ишимбаевский, Карташевский и др.), для большинства из них характерны и самые высокие абсолютные отметки вершин. Сравнительно небольшие размеры имеет Столяровский массив, однако высокое содержание бора здесь, по-видимому, связано с тем, что подземные воды, залегающие на самых высоких отметках (по сравнению с другими массивами), выщелачивают бор из самых верхних горизонтов артинских отложений, наиболее обогащенных бором. О высоком содержании бора в верхних горизонтах известняков указывал Н.М.Страхов. Изучая материал по бороносности пермских отложений Башкирского Приуралья, он отметил, что наибольшее количество боратов приурочено к переходным стадиям седиментации – карбонатно-ангидритовой и ангидритовой. Эти выводы частично подтверждаются результатами наших исследований, так как наибольшие содержания бора были установлены (по кернам) в ангидритах, залегающих над рифовыми массивами, и в известняках, подстилающих ангидрит. По результатам водных вытяжек установлено, что наибольшее количество бора переходит в воду из известняков, затем из ангидритов. Таким образом, обогащение бором подземных вод в рифовых массивах происходит (как и в районе Самаркинской дислокации) за счет выщелачивания бора из водовмещающих пород.

Наиболее благоприятными рифовыми массивами для поисков бороносных вод являются те массивы, в которых лучше сохранился погребенный в них комплекс морских солей. Такие рифовые массивы, перекрытые сверху мощной водонепроницаемой соленосной толщей кунгурского возраста, расположены в основном в южной части Башкирского Приуралья. Однако, в пределах одного и того же рифового массива могут быть встречены резко различные содержания бора. Так, например, на Введеновском месторождении в пределах одного и того же массива нами было установлено содержание бора I5,0 мг/л в скв.I56 и 79,9 мг/л в скв.I9. Еще более резкое колебание содержания бора отмечено на Старо-Казанковском месторождении, где в скв.84 установлено 20 мг/л бора, а в скв. 97 I59,9 мг/л.

Анализ геологических материалов показал, что на тех участках, где отмечено большее содержание бора, мощность соленосной толщи кунгурских отложений, перекрывающей рифовые известняки, в несколько раз больше, чем на участках с меньшим содержанием бора. По-видимому, мощные толщи и прослои солей являются надежной водоупорной кровлей, предохраняющей соли бора в известняках и ангидритах артинского возраста от выщелачивания за счет инфильтрации атмосферных осадков.

В подземных водах к а м е н н о у г о л ь н ы х о т л о ж е н и й содержание бора в среднем колеблется от I0 до 40 мг/л, достигая в отдельных случаях I40 мг/л (Верхне-Чусовские Городки). Минимальные содержания бора в подземных водах отмечены в пределах тектонических сводов и седловин, а наиболее высокие - в тектонических впадинах (юго-восточный склон Русской платформы, Предуральский прогиб и Вятская впадина). В целом для вод каменноугольных отложений характерно увеличение содержания бора по мере погружения водовмещающих пород и роста минерализации подземных вод. Увеличение содержания бора в подземных водах наряду с ростом минерализации отмечается в Кожимской опорной скважине, на Покровском месторождении и в других местах. Однако при относительном увеличении содержания кальция в подземных водах по мере роста минерализации концентрация бора несколько понижается. И только в тех случаях, когда по мере увеличения содержания кальция отмечается снижение величины pH, содержание бора не только не снижается, но местами и значительно увеличивается.

В подземных водах девонских отложений содержание бора колеблется в широких пределах от нескольких миллиграмов на I л до 294 мг/л (Тарханы). В водах девонских отложений наблюдается значительно большее колебание содержания бора, чем в водах каменноугольных отложений. На одних и тех же нефтяных площадях, частично в пределах очень небольших участков (Туймазы, Серафимовка, Заборовка, Куеда, Тарханы и др.) бор встречается от нескольких миллиграмов на I л до 100 мг/л и более. Это свидетельствует о том, что в подземных водах девонских отложений в отличие от подземных вод каменноугольных отложений общие региональные закономерности в изменении содержания бора не прослежены.

При обработке химических анализов установлено, что содержание бора в высокоминерализованных водах зависит от наличия в них кальция. Это, по-видимому, связано с тем, что по мере увеличения метаморфизации хлоридно-натриево-кальциевых вод происходит образование труднорастворимых водных боратов кальция, которые, выпадая из раствора, снижают концентрацию бора в водах. Зависимость между содержанием бора и кальция в водах девонских и каменноугольных отложений показана на рис.3. На рис.3, по-существу, смещены два графика: график зависимости содержания кальция и график зависимости содержания бора от общей минерализации.

Рассматривая график, можно сделать следующие выводы:

а) зависимость между содержанием бора и общей минерализацией на месторождении не обнаруживается;

б) подавляющее большинство точек показывает обратную зависимость между содержанием кальция и бора.

Следует иметь в виду, что содержания кальция даются нами в мг·экв %, т.е. мы оперируем относительными содержаниями кальция.

Обобщая полученные нами результаты анализов содержания бора в подземных водах пермских, каменноугольных и девонских отложений Волго-Уральской области, а также задавшись целью выяснить существует ли взаимосвязь между содержанием в подземных водах бора, общей минерализацией и одновременно содержанием кальция, мы построили график - треугольник (рис.4).

Исходя из полученных данных о влиянии содержания кальция на содержание бора в подземных водах, мы попытались выяснить не существует ли непосредственной связи между относительным содержанием каль-

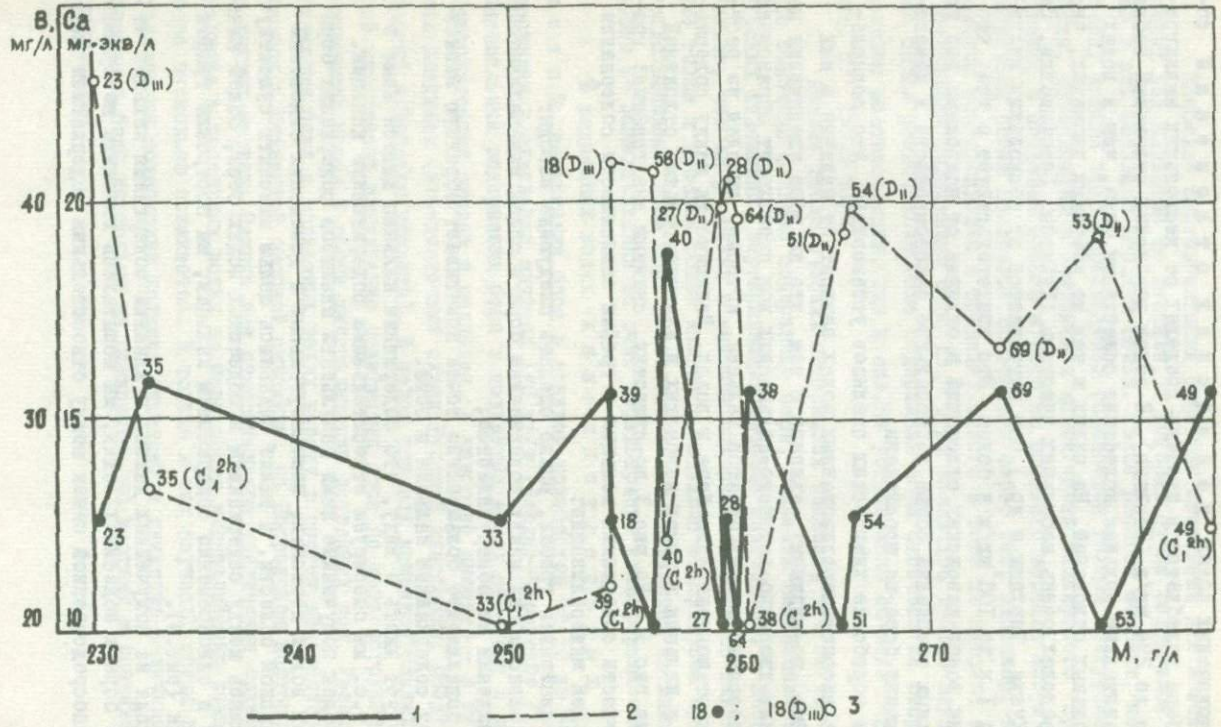


Рис.3. График зависимости содержания бора и кальция от минерализации в подземных водах месторождения Яблоневый Овраг—— – содержание бора; – – – – содержание кальция; 18(D_{III})– номер скважин, в скобках возраст отложений

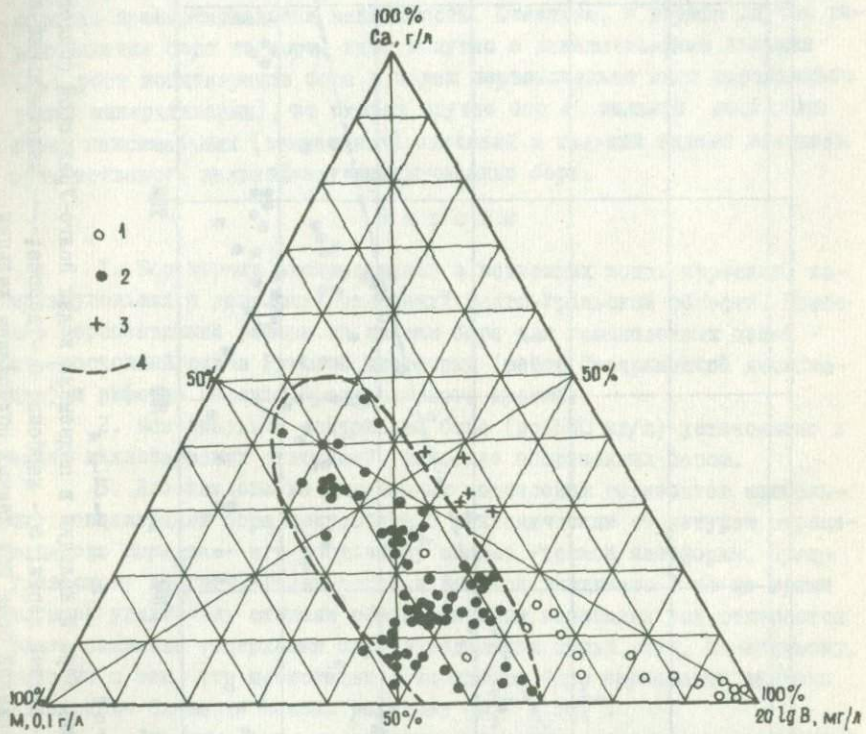


Рис.4. Взаимосвязь между содержанием бора в подземных водах, общей минерализацией и содержанием кальция (в процентном отношении)
Анализы подземных вод с минерализацией: o - до 80 г/л; + - с высоким содержанием бора и низким pH; • - свыше 80 г/л

ция (в мг·экв %) и содержанием бора. Нами был построен график зависимости между этими двумя величинами (рис.5). Из этого графика видно, что наиболее перспективными на территории Волго-Уральской облас-

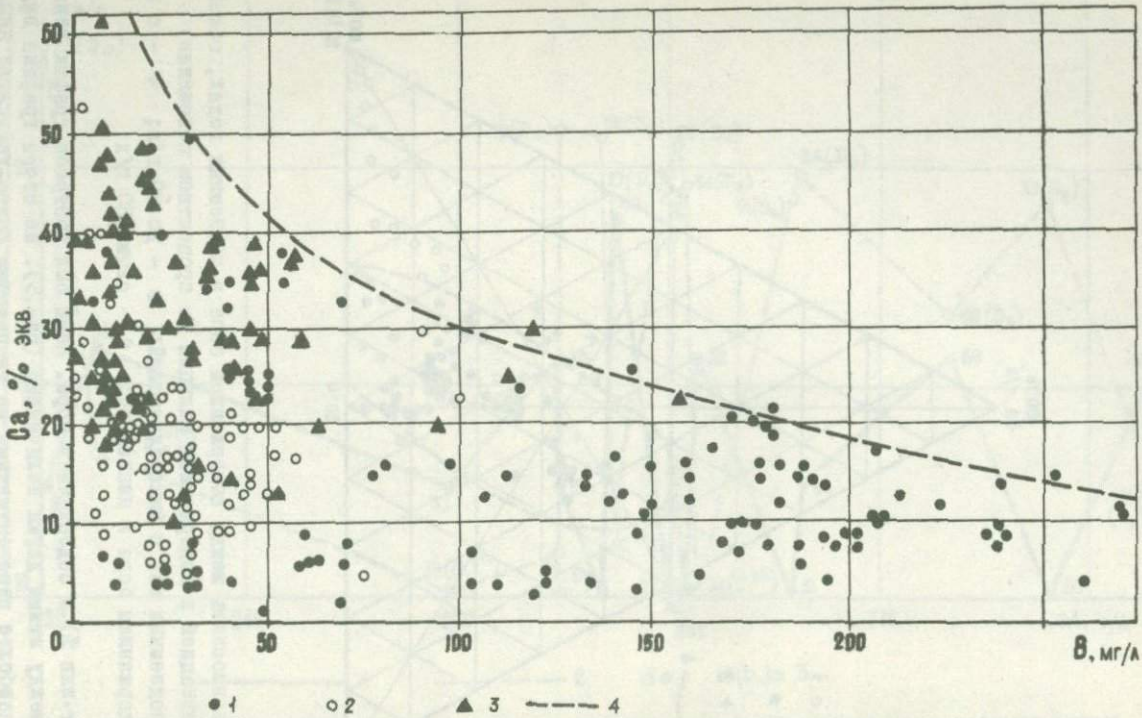


Рис.5. График содержаний бора и кальция в подземных водах Волго-Уральской области (данные 270 анализов) ● – нижней перми; ○ – карбона; ⊙ – девона;---- максимальные значения содержаний бора при данных содержаниях кальция

ти для промышленного использования на бор являются воды нижнеперм - ских отложений. Рассмотрение графика показывает также почему в одних водах (хотя и очень редко) содержания бора увеличиваются пропорционально увеличению концентрации кальция, а в других водах наблюдается обратно пропорциональная зависимость. Очевидно, в первом случае выщелачивание бора из пород идет попутно с выщелачиванием кальция (т.е.рост концентрации бора в водах первоначально идет параллельно росту минерализации), во втором случае бор и кальций достигают своих максимальных (совместных) значений и кальций видимо начинает препятствовать дальнейшему выщелачиванию бора.

Выводы

1. Бор широко распространен в подземных водах пермских, каменноугольных и девонских отложений Волго-Уральской области. Наиболее перспективные районы на поиски бора для промышленных целей - юго-восточный склон Русской платформы (район Самаркинской дислокации) и рифовые массивы Предуральского прогиба.

2. Максимальное содержание бора (до 500 мг/л) установлено в водах нижнепермских отложений, наиболее обогащенных бором.

3. Для каждого из выделенных водоносных горизонтов наибольшие концентрации бора приурочены к тектоническим структурам отрицательного порядка - юго-восточному склону Русской платформы, Предуральскому прогибу, Мелекесской и Вятской впадинам. В то же время по мере увеличения степени метаморфизации подземных вод отмечается общее снижение содержания бора в подземных водах. Это, по-видимому, связано с тем, что происходит соосаждение бора карбонатом кальция вследствие близости ионных радиусов CO_3^{2-} и BO_3^{3-}.

4. Для отдельных водоносных горизонтов отмечается увеличение содержания бора по мере роста минерализации. Это можно объяснить тем, что накопление бора и кальция в водах происходит первоначально параллельно росту минерализации, пока содержания их не достигнут своих максимальных (совместных) значений, после чего кальций начинает препятствовать дальнейшему выщелачиванию бора. (Исключением являются воды с низкими величинами pH; в них, несмотря на высокое содержание кальция, отмечаются и значительные концентрации бора).

5. Для различных водоносных горизонтов отдельных нефтяных месторождений отмечается довольно выдержанное и постоянное содержание бора. В связи с этим бор может иметь коррелятивное значение для расчленения водоносных горизонтов.

Литература

Валяшко М.Г. Геохимия бора в процессах галогенеза и использование содержания бора в качестве генетического и поискового критерия. Ж."Геохимия", 1956, № 6.

Виноградов А.П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре. Ж."Геохимия", 1956, № 1.

Гуляева Л.А. Распространение бора в современных органических осадках. ДАН СССР, нов.серия, т.37, № 1, 1942.

Иванов А.М. Новые данные об изоморфизме аниона борной кислоты в сульфатных и карбонатных пермских породах Куйбышевской области. Сб.научн.тр.КИИ, вып.УП, кн.4, Геология, 1957.

Иванов А.М. Бор - постоянный микроэлемент зоны нефтей, указывающий на ее органическое происхождение. Азерб.нефт.хоз-во, 1957, № 6.

Казмина Т.И. Бор - хлорный коэффициент в водах нефтяных месторождений. Докл.АН СССР, нов.серия, т.27, № 2, 1951.

Кореневский С.М. О фациях бороносности галогенного кунгура Прикаспийской низменности Актюбинского, Оренбургского и Башкирского Приуралья. Докл. АН СССР, т.6, № 3, 1957.

Кротова В.А. Волго-Уральская нефтеносная область. Гидрогеология. Тр.ВНИГРИ, вып.94, Гостоптехиздат, 1953.

Тагеева Н.В. О содержании бора в природных водах. Докл.АН СССР, т.30, № 3, 1934.

Тагеева Н.В. К геохимии подземных вод Татарской республики. Докл. АН СССР, вып.39, № 6, 1943.

Цейтлин С.Р. Содержание бора в нефтяных водах. Докл. АН СССР, нов.серия, т.1, № 3, 1936.

Щербаков А.В. Гидрогеохимические исследования при поисках и разведке подземных бороносных вод. Госгеолтехиздат, 1961.

Л.С. Зайцев

ОБ ИЗУЧЕНИИ БОРОНОСНОСТИ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И СРЕДНЕЙ АЗИИ

Подавляющая часть мировой добычи бора (свыше 90%) приходится на месторождения боратов вулканогенно-осадочного происхождения. Такие месторождения сосредоточены в США в штате Калифорния и юго-западной части штата Невада. В СССР подобные месторождения до сих пор не обнаружены.

Вулканогенно-осадочные боратовые месторождения приурочены преимущественно к отложениям Альпийской складчатой зоны. Эти месторождения встречаются помимо Северной, также в Южной Америке(так называемые "саляры и плайны"), в Турции (месторождение Султан Чаир и др.), в Италии (Тоскана). Кроме того, известны находки боратов в Тибете.

В СССР изучением бороносности вулканогенно-осадочных отложений и поисками в них боратов начали заниматься недавно. До 1958-1959 гг. работы носили чисто теоретический характер и сводились к разработке геологических и поисковых критериев для выявления возможных районов распространения вулканогенно-осадочных боратов (Горбов, 1958; Курман и Григорьева, 1953; Крайнов, 1958).

Вулканогенно-осадочные месторождения бора образуются при благоприятных геологических условиях в районах активной вулканической деятельности. И.М.Курман (1953) делит вулканогенно-осадочные месторождения бора на шесть основных типов: 1) эффузивно-вкрапленные, 2) озерные - ископаемые, образовавшиеся вблизи вулканов в озерах, в которые стекали и где скапливались бороносные воды горячих источников; в последующем озера были погребены под более молодыми отложениями, 3) озерные - современные, образовавшиеся в озерах, расположенных вблизи недавно действовавших или действующих вулканов, 4) вторичные, образовавшиеся в результате разрушения, растворения и переноса соединений бора, 5) налеты буры в кратерах некоторых действующих вулканов, 6) фумарольные и сольфатарные борсодержащие источники.

Предложенная И.М.Курманом генетическая классификация не учитывает геоморфологические, литологические и гидрохимические особен-

ности образования вулканогенно-осадочных месторождений бора и его промышленное значение.

Для выделения первоочередных перспективных по бороносности районов, для поисков вулканогенно-осадочных месторождений бора необходимо учитывать соответствующие геологические предпосылки их образования. А.Ф.Горбов (1958) выдвигает в качестве главной предпосылки стратиграфическую. Он считает, что эти типы месторождений приурочены к зоне Альпийской складчатости, преимущественно к неогену (точнее к миоцену и плиоцену). Поэтому по СССР А.Ф.Горбов рекомендует сосредоточить внимание на изучении бороносности Малого Кавказа, Копет-Дага и Тункинской впадины.

С основным значением этой стратиграфической предпосылки, по-видимому, можно в основном согласиться, так как подавляющее большинство разрабатываемых вулканогенно-осадочных боратовых месторождений США приурочены к неогену.

Другой геологической предпосылкой А.Ф.Горбов считает обязательное наличие переслаивающихся вулканогенных пород (андезитов, базальтов и их туфов) с пресноводно-континентальными отложениями.

По нашему мнению, эта предпосылка не имеет существенного значения, так как известны случаи образования месторождений боратов без видимой связи с вулканогенными породами, но приуроченных к крупным сбросам, бессточным котловинам или к термальным источникам, например месторождение Султан Чаир в Турции.

В соответствии с рекомендацией А.Ф.Горбова в 1959-1960 гг. нами проводилось изучение бороносности Тункинской впадины.

В ходе изучения было выяснено, что необходимо учитывать также фациальные, геоморфологические, литологические, палеогеографические и гидрохимические условия образования отложений.

Наиболее благоприятны для осаждения боратов озерные, болотные, пустынно-континентальные и лагунные фации. В этих условиях чаще всего откладываются наибольшие по размерам с высоким содержанием бора рудные тела.

Геоморфологическими предпосылками следует считать наличие впадин, бессточных озер и котловин в районах, прилегающих к действующим или потухшим вулканам.

В числе палеогеографических предпосылок в первую очередь необходимо учитывать приуроченность этих месторождений к районам

сухого, аридного климата.

В качестве литологических предпосылок необходимо иметь в виду, что бораты чаще всего встречаются в глинах, гипсах, илах, солях, мергелях, карбонатных породах, туфах, вулканических пеплах, мелкообломочных породах, реже в песках, песчаниках и алевролитах. Как правило, они отсутствуют в средне- и крупнообломочных породах.

Наиболее благоприятными гидрохимическими предпосылками можно считать повышенное, против кларкового, содержание бора в подземных водах, озерах, водах минеральных источников, а иногда в травертинах и растениях, растущих вблизи месторождений боратов. Так, в минеральных источниках и подземных водах вокруг боратовых месторождений Калифорнии содержание H_3BO_3 колебется от 0,216 до 1,66 г/л, в Турции и Иране от 3,24 до 3,87 г/л, в Японии от 0,83 до 2,4 г/л. В сольфатарах и фумаролах Италии содержание H_3BO_3 колеблется от 0,1 до 0,7 г/л. Там, где выходят сольфатары, на дне озер и водоемов концентрация H_3BO_3 до 4,4 г/л.

Заметное увеличение содержания бора наблюдается также и в подземных водах Западно-Казахстанских месторождений боратов (на поверхности содержание H_3BO_3 до 0,06 - 0,5 г/л).

В зависимости от концентрации и состава солей в воде и от температурных условий происходит образование или выщелачивание боратов.

Высокие содержания бора в подземных водах, озерах и минеральных источниках в СССР встречаются в пределах Альпийской складчатой зоны. Сюда относятся районы Кавказа (в минеральных водах Главного кавказского хребта содержание бора до 0,6 г/л), Средней Азии (в озерах Аксукон и Уч-Кизил содержание окиси бора до 0,54 - - 1,57 г/л, а в некоторых подземных водах до 0,6 г/л). В районах Сахалина и Камчатки в термальных минеральных источниках и подземных водах также встречаются значительные содержания бора, но эти районы находятся в менее благоприятных экономических условиях.

В восточной части СССР (от Джо-Таджикской депрессии до Охотского моря) Альпийский тектогенез привел к образованию ряда межгорных прогибов и впадин. Так возникли Ферганская, Нарынская, Чу-Илийская, Зайсанская, Алакуль-Эмельская, Тункинская, Боргойская, Баргузинская, Гусиноозерская, Чульманская и другие впадины.

Нами были проведены работы в Тункинской, Баргузинской, Бор-

гойской и Ферганской впадинах.

Тункинская впадина занимает площадь около 70 км в длину и до 30 км в ширину. По геологическому строению она схожа с типичными межгорными впадинами районов Калифорнии, где встречаются вулканогенно-осадочные месторождения боратов. Впадина сложена толщей переслаивающихся базальтов с осадочными породами континентального происхождения. Общая мощность вулканогенно-осадочной свиты достигает 2,5 тыс.м. Детальное изучение показало, что континентальные отложения впадины относятся преимущественно к прибрежным, обломочным фациям, по-видимому, хорошо промываемым подземными водами. Фации, благоприятные для концентрации бора, скорее всего, могут залегать на значительной глубине в центральной части впадины. В минеральных источниках, окружающих Тункинскую впадину, содержание окиси бора не превышает нескольких десятков миллиграммов на I литр. Проверка на бороносность пород неогенового возраста в обнажениях и опробование керна скважин дали также малообнадеживающие результаты.

Следовательно, можно сделать вывод, что гидрохимические, литологические и палеогеографические условия накопления бора в районе впадины малоблагоприятны. Кроме того, в период таяния снегов в Тункинской впадине накапливается большое количество поверхностных вод, которые в основном стекают в течение летнего периода, что является также неблагоприятным для осаждения боратов.

Баргузинская впадина (Забайкальский район) занимает около 200 км в длину и от 20 до 40 км в ширину. В геологическом ее строении принимают участие породы архейско-протерозойского комплекса, слагающие ее фундамент, и кайнозойского комплекса, выполняющие впадину.

Отложения палеозоя мощностью около 2,5 - 3 тыс.м состоят из трех свит. Нижняя свита представлена преимущественно каолиновыми и диатомовыми глинами, алевролитами с прослоями угля, песками и песчаниками. Средняя свита образована песками с примесями угля, гравия и гальки, а также небольшими пропластками алевролитов и глин. Эта свита завершается лимно- и флювиогляциальными песками. Верхняя свита сложена песчано-илистым аллювием, песками, соленосными глинами, солями и торфом. С северо-запада Баргузинская впадина окаймляется крупным региональным сбросом. Вдоль сброса встречаются вы-

ходы минеральных источников, в некоторых из них отмечены следы бора.

Приводимые данные показывают, что фациальные и палеогеографические предпосылки малоблагоприятны для поисков бора в Баргузинской впадине. Низкое содержание окиси бора (II - 35 мг/л) в озерах также свидетельствует о неперспективности этого участка.

Боргойская впадина и хр.Малый Хамардабан расположены в междуречье Темника, Джиды и Селенги. Впадина имеет около 130 км в длину и 30 - 40 км в ширину. В геологическом ее строении принимают участие протерозойские и палеозойские отложения, составляющие ее фундамент, а также мезозойские и, возможно, кайнозойские отложения, выполняющие впадину. В этом районе проводились большие работы по изучению нефтеносности, была пройдена 41 буровая скважина. Скважинами вскрыты мощные вулканогенные отложения, переслаивающиеся с осадочными породами континентального происхождения. Комплекс пород состоит из пяти свит - Темниковской, Белозерской, Боргойской, Гусиноозерской и Чандинской. Темниковская и Боргойская представлены преимущественно вулканогенными отложениями, а остальные свиты - пресноводно-континентальными. В краевых частях впадины преобладают крупно- и среднеобломочные породы, ближе к центральным частям появляются мелкообломочные глинистые и карбонатные породы, более благоприятные для образования боратов. При просмотре керна буровых скважин не обнаружено борных минералов. В Боргойской впадине имеется несколько соленых озер. В воде оз.Нижнее отдельные химические анализы показали, что бора содержится около 2,5 мг/л. Такое низкое содержание бора не позволяет рекомендовать Боргойскую впадину в качестве объекта для поисков боратов.

Ферганская впадина известна как крупная структурная единица. Она имеет около 350 - 400 км длины и до 60 - 80 км ширины. Впадина окружена высокогорными хребтами: на севере - Кураминским, на востоке - Ферганским, на юге - Алайским. Наибольшие высоты доходят до 5,5 тыс.м ниже уровня моря. Хребты сложены породами палеозойского возраста. В предгорьях на поверхность выходят в купольных структурах (адыры) породы мезозойского и кайнозойского возраста. Центральная часть впадины скрыта под толщей четвертичных отложений.

Подземные воды Ферганской впадины отличаются исключительно

высоким содержанием бора.

В северной части впадины в куполах Акбель, Акчоп, Кызылджар и Чуст-Пап выходят гипсоносно-соленосные глины неогенового возраста озерно-пустынного происхождения, мощностью до 2 - 2,5 тыс. м. В минеральных водах этих отложений содержание бора высокое (до 150 мг/л). Подземные и поверхностные воды с этих куполов собираются в оз.Аксукон, где содержание бора до 540 мг/л, т.е. достигает содержания бороносных подземных вод Западно-Казахстанских боратовых месторождений. В сухое время года на оз.Аксукон образуется даже корка буры.

Геологическая обстановка в неогене в этих районах была, по-видимому, благоприятна для образования вторичного типа вулканогенно-осадочных месторождений или боропроявлений. Несмотря на отсутствие прямой связи с вулканогенными породами, наличие бора в подземных водах, сложное тектоническое строение Ферганской долины, сопровождаемое образованием крупных региональных нарушений, и благоприятные фациальные условия для боронакопления, дают полное основание выдвинуть район куполов Акбель, Акчоп, и Кызылджар как перспективный по бороносности. Возможно, что в гипсоносных и соленосных глинистых толщах бораты могут встретиться не только в виде вкрапленников, но и в более крупных скоплениях.

Южно-Таджикская депрессия занимает большую площадь, чем Ферганская впадина. Ее образование связано с Альпийским тектоническим циклом. Здесь встречаются отложения озерно-континентальных и лагунных пресноводных фаций. Изучением бороносности неогеновых пород депрессии пока не занимались. В четвертичных отложениях, около г. Термеза известны очень высокие содержания бора в минеральных озерах и источниках (до 1,56 г/л B_2O_3). Это также дает основание рекомендовать Южно-Таджикскую депрессию для поисков бора.

В заключение следует отметить следующее.

1) Благоприятные геологические предпосылки (стратиграфические, генетические, геоморфологические, фациальные, литологические и гидрохимические) позволяют выдвинуть для изучения на бор в первую очередь мезо-кайнозойские депрессии и впадины Средней Азии.

2) Наиболее перспективными в отношении бороносности в Средней Азии являются районы распространения гипсоносных и соленосных глинистых толщ Ферганской впадины неогенового возраста, возле ку-

полов Акбель, Акчоп, Кызылджар и Супетау. В этих районах следует организовать полевое опробование на бор пород неогенового возраста.

3) Следует начать детальное изучение бороносности Южно-Таджикской депрессии.

Литература

Бабичев Б.Д. и Соколов В.А. О бороносности Южного склона Джунгарского Алатау и Илийской впадины. Уч. Зап. Казах. ун-та, т. 27, сер.Геол. и Геогр., вып.3, 1957, стр. 122-126.

Грамм М.Н. О соленосной толще гор Акбель Кызылджар. Тр.Ин-та геологии АН Казах. ССР, вып.6, 1951.

Дзенс-Литовский А.И. Соляные купола Юго-Западного Таджикистана. Тр.Таджикско-Памирской Экспедиции, 1934.

Огнев В.Н. "Акбель, Акчоп и Супе-Тау". В сб."Геология Узбекской ССР", т.I, М.-М., 1937, стр. 196-202, Госгеолиздат.

Симаков С.Н. Вопросы стратиграфии Ферганы и Таджикской депрессии. Тр.ВСЕГЕИ, нов.сер, вып.66, 1953.

Симаков С.Н., Клейнберг В.Г., Воробьев А.А. и др. Геологическое строение и нефтеносность Ферганы. Тр. ВНИГРИ, вып.110, 1957.

Флоренсов Н.Д. Геологическое строение Бурят-Монгольской АССР. Мат-лы по изучению произв.сил Бурят-Монгольской АССР, вып.I. Улан-Удэ, 1954.

Ярхемский Я.Я. Проблема поисков борного сырья в галогенных толщах. Советская геология, 1958 г, 7.

Фондовые материалы

Горбов А.Ф. Боратовые месторождения вулканогенно-осадочного типа и перспективы нахождения их на территории СССР. Рукопись. Фонд ВНИИГ, 1958.

Зайцев Л.С. и Антипов В.И. Промежуточный отчет по теме обоснование районов для поисков борного сырья в Сибири. Фонд ГИГХМ. Люберцы, 1959.

Крайнов С.Р. Общий обзор данных по распространению бора в подземных водах. Отчет за 1958 г, Фонд ВСЕГИНГЕО.

К у р м а н И.М. и Г р и г о р ь е в а О.И. Перспективы поисков борного сырья на Кавказе. Отчет за 1953 г, Фонд ГИГХС.

С а м а р и н а В.С. и др. Отчет о производстве ревизионно-поисковых работ по водам нефтяных и газовых месторождений Ферганы за 1953-1954 г. Фонд Геохимразведка.

Л.С.Балашов и В.П.Стрепетов

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОРА В МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОДАХ ТАДЖИКСКОЙ ДЕПРЕССИИ

Общие сведения

Таджикская депрессия расположена в южной части Узбекской и Таджикской ССР. С севера и запада она ограничена Гиссарским хребтом и его отрогами, с востока - хребтами Дарвазским и Петра Первого, с юга - реками Пяндж и Аму-Дарья (рис.I). Это довольно глубокая тектоническая впадина, сформировавшаяся в своем современном виде в последние стадии альпийского горообразования. Она выполнена мощными толщами осадочных пород мезо-кайнозойского возраста, которые смяты в крупные складки, имеющие северо-восточное простирание. В результате такого складкообразования Таджикская депрессия распадается на серию межгорных синклинальных впадин, разделенных между собой антиклинальными поднятиями.

К впадинам приурочены Сурхан-Дарьинский, Вахшский, Кулябский, Гиссарский бассейны артезианских вод, отличающиеся подобием геологического строения и сходством водопроявления и состава вод. Для них характерно: а) хорошо выраженные естественные границы; б) большие превышения областей питания над областями распространения водоносных горизонтов; в) приуроченность напорных горизонтов к одноименным литолого-стратиграфическим комплексам пород; г) приуроченность к сводовым частям отдельных антиклинальных структур месторождений нефти и газа; д) широкое распространение соленых и рассольных вод хлоридно-кальциево-натриевого класса в областях погружения горизонтов; е) локальное развитие хлоридно-натриевых рассолов в районах распространения галогенных отложений.

Разведка и эксплуатация месторождений нефти и газа в Сурхан-Дарьинском, а затем в Вахшском бассейнах явились одновременно источником сведений о глубоких артезианских водах. В первые годы изучения месторождений из микрокомпонентов в водах определялись только йод и бром и в единичных случаях - радий, барий, железо, аммоний. Первые количественные определения бора в подземных водах депрессии были выполнены в лаборатории Геокаптахминвод на пробах, отобранных в I952-I955 гг. (Балашов, I955).

Определения бора были выполнены в Лаборатории гидрогеологических проблем АН СССР (аналитики В.Ф.Бельская и Ч.Я.Кроль) и в лаборатории Центрального института курортологии и физиотерапии (аналитики Г.Д.Вейнребе, В.А.Морозова и др.).

Распределение бора в водах Таджикской депрессии

В Таджикской депрессии бор встречен в подземных и поверхностных водах. Наименьшие концентрации его обнаружены в водах рек (0,02–0,05 мг/л или $(2\div5)\cdot10^{-6}$%), которые соответствуют нижнему пределу концентрации бора в пресных водах ($4,1\cdot10^{-6}$%, по Т.А.Глебович).

В грунтовых водах пестрых по химическому составу и заключенных в различных по генезису четвертичных отложениях бор в большинстве случаев не обнаруживается. В тех случаях, когда он обнаруживается, содержание его колеблется от 0,01 до 1,67 мг/л; средняя концентрация (из 10 определений) 0,27 мг/л ($2,7\cdot10^{-5}$%), что на порядок ниже кларкового содержания бора в литосфере ($3\cdot10^{-4}$%, по А.П.Виноградову), и приближается к содержанию водорастворимого бора в почвах аридной зоны. Величину $2,7\cdot10^{-5}$% можно принять в качестве фоновой концентрации бора в подземных водах Таджикской депрессии.

На периферии артезианских бассейнов на сравнительно небольшой площади развиты пресные и слабоминерализованные воды зоны активного водообмена. Несмотря на пестроту химического состава этих вод, содержание бора в них обычно изменяется в довольно узких пределах – от $1\cdot10^{-4}$ до $9\cdot10^{-4}$%, т.е. колеблется около кларкового значения.

Концентрация бора пресных вод зоны трещиноватости палеозойских гранитов и гранодиоритов, развитых на хребтах Гиссарском и Петра Первого, резко понижена. Из 40 определений бора в 27 пробах он не был обнаружен, в 6 пробах установлены его следы и только в 7 пробах, в том числе в водах термальных источников Ходжа-Оби-Гарм и Оби-Гарм, найден бор в количестве 0,07 – 0, 17 мг/л ($7\cdot10^{-6}$ – $1,7\cdot10^{-5}$%), при среднем значении 1,2 мг/л.

Воды отложений неогена

Мощная толща (до 3000 м) континентальных красноцветных отложений неогена, широко распространенных в Таджикской депрессии и представленных переслаивающимися глинами, алевролитами и песчаника-

Зак 127-с

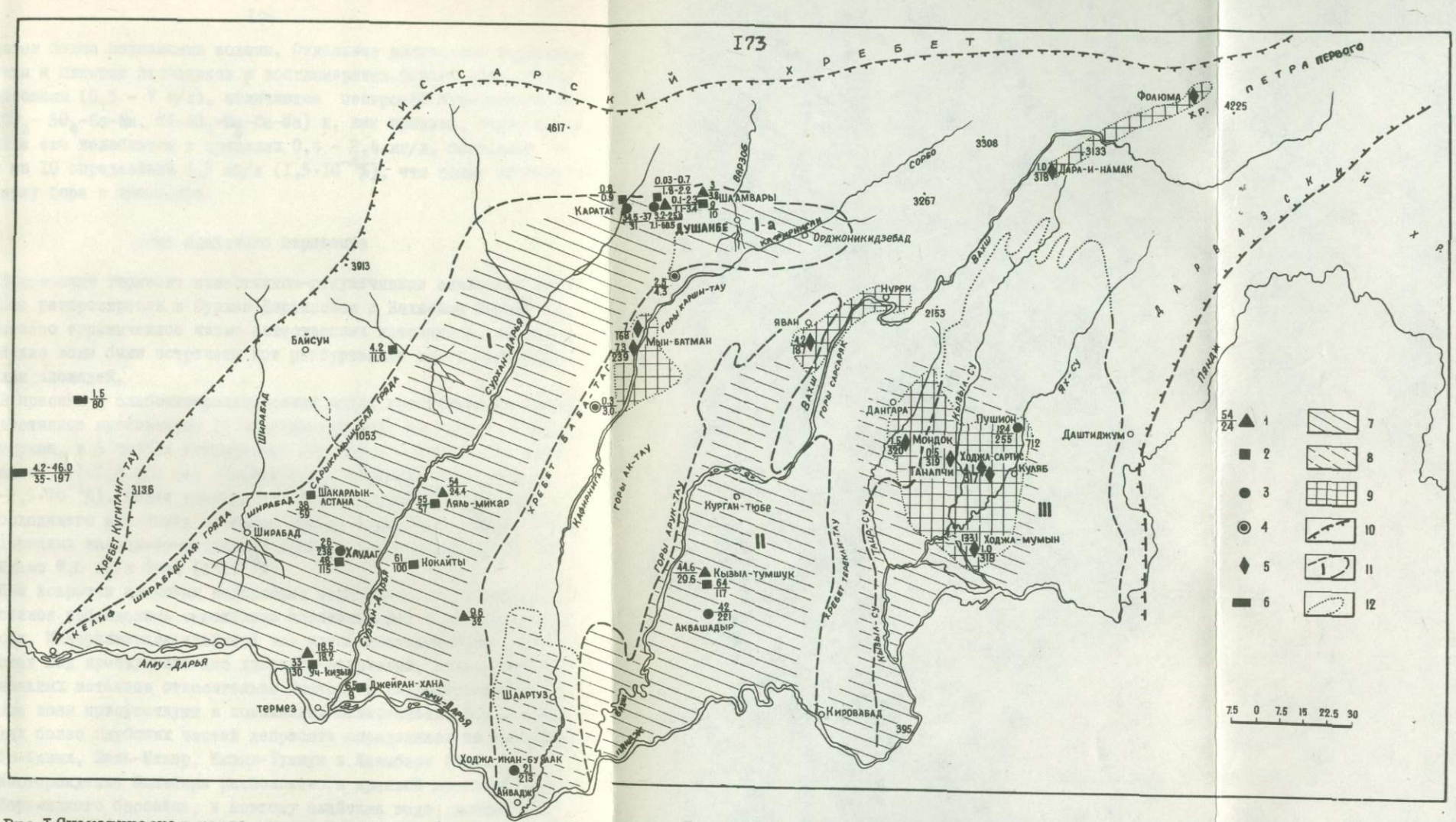


Рис.I.Схематическая карта минерализованных бороносных подземных вод Таджикской депрессии (Составили Л.С.Балашов и В.П.Стрепетов, 1962 г.)
Точки и районы опробования минерализованных бороносных подземных вод: I – алайские воды (в числителе – концентрация бора, мг/л; в знаменателе – минерализация вод, г/л); 2 – бухарские воды; 3 – воды верхнего мела; 4 – воды нижнего мела; 5 – воды верхнеюрской галогенной толщи; 6 – воды верхнеюрской карбонатной толщи; 7 – область распространения минерализованных Cl–Ca–Na бороносных вод алайского, бухарских и верхнемеловых горизонтов, с содержанием бора I0–65 мг/л; 8 – область предполагаемого распространения минерализованных бороносных вод того же класса; 9 – область распространения минерализованных Cl–Na вод верхнеюрской соленосной толщи, с содержанием бора 0,5–7,3 мг/л; I0 – условная граница Таджикской депрессии; II – границы артезианских бассейнов: I – Сурхан-Дарьинский; $I^{а}$ – Гиссарский; II – Вахшский; III – Кулябский; I2 – предполагаемые границы артезианских бассейнов и гидрохимических областей

ми, в целом бедна подземными водами. Отдельные водоносные горизонты приурочены к пластам песчаников и конгломератов. Обычно воды слабо минерализованы (0,3 - 7 г/л), отличаются пестротой химического состава (HCO_3- SO_4-Ca-Na, Cl-SO_4-Mg-Ca-Na) и, как правило, бедны бором. Содержание его колеблется в пределах 0,4 - 2,4 мг/л, составляя в среднем из 10 определений 1,5 мг/л ($1{,}5 \cdot 10^{-4}$%), что также соответствует кларку бора в литосфере.

Воды алайского горизонта

Водоносный горизонт известняков-ракушечников алайского яруса $P_{g_1}^{al}$ широко распространен в Сурхан-Дарьинском и Вахшском бассейнах. С ним связано ограниченное число естественных источников, но напорные алайские воды были встречены при разбуривании почти всех разведывавшихся площадей.

В пресных и слабоминерализованных водах источников из алайских известняков произведено 15 определений бора, в 4 пробах бор не был обнаружен, в 6 пробах установлены его следы и в 5 пробах с минерализацией 1,1-3,4 г/л бор обнаружен в количестве 0,1-2,5 мг/л ($1 \cdot 10^{-5}$-$2{,}5 \cdot 10^{-4}$%). Более высокая его концентрация установлена в водах восходящего источника на южном склоне Истым-тау. Здесь в сульфатно-хлоридных кальциево-натриевых водах с минерализацией 30 г/л было найдено 9,6 мг/л бора ($1 \cdot 10^{-3}$%).

При вскрытии алайских водоносных горизонтов в центральных частях бассейнов наблюдались самоизливы подземных вод с расходами до 5-40 л/сек. Минерализация алайских вод здесь изменяется от 14 до 34 г/л; состав вод преимущественно хлоридно-натриевый, содержание щелочноземельных металлов относительно низкое, а гидрокарбонатные и сульфатные ионы присутствуют в повышенных количествах. Бор в алайских водах более глубоких частей депрессии определялся на месторождениях Уч-Кизыл, Ляль-Микар, Кызыл-Тумшук и Шаамбары (табл.1).

Месторождение Шаамбары расположено в краевой промытой зоне Сурхан-Дарьинского бассейна, и поэтому алайская вода, выведенная скважиной с глубины 1565 м, характеризуется низкой минерализацией и незначительным содержанием бора ($3{,}1 \cdot 10^{-4}$%). Несмотря на значительную территориальную разобщенность указанных в таблице месторождений, полученные цифры по содержанию бора в алайских водах имеют один порядок величин и изменяются от $1{,}82 \cdot 10^{-3}$ до $4{,}65 \cdot 10^{-3}$%.

Таблица I

Характеристика алайских вод и распределение в них бора

Показатель	Месторождение			
	Шаамбары	Уч-Кизыл	Ляль-Микар	Кызыл-Тумшук
Глубина, м	I565	207	600 - 780	800
Дебит, л/сек	0,I7	До 24	До 22 - 35	0,I - 0,4
Температура, ^{o}C ...	-	24	43 - 47	27 - 34
Число определений..	I	I	5	4
Минерализация, г/л				
Единичные значения и пределы	3,85	I8,I9	2I,4 - 25,8	28,I - 3I,I
Средняя	3,85	I8,I9	24,4	29,6
Содержание бора				
Единичные значения и пределы, мг/л ..	3,I	I8,5	49,2 - 56,7	40,0 - 48,0
Средняя мг/л.....	3,I	I8,5	54,2	44,6
%	$3,I \cdot I0^{-4}$	$I,82 \cdot I0^{-3}$	$5,3 \cdot I0^{-3}$	$4,4 \cdot I0^{-3}$
$\frac{B \cdot I0^{3}}{M}$.:.....	0,8	I,0	2,2	I,52
Формула состава, по Курлову	$M3,8\frac{SO_4 74,5;Cl2I}{Na94;Ca3,6}$	$MI8,2\frac{Cl95;SO_4 3}{Na95,2;Ca2,6}$	$M24,4\frac{Cl83;SO_4 I5}{Na85;Ca6}$	$M29,6\frac{Cl58;SO_4 40}{Na90;Ca7}$

Обращает на себя внимание высокая обогащенность алайских вод бором по отношению к общей минерализации вод. Объяснение этого факта будет дано ниже.

Воды бухарских отложений палеогена

Отложения бухарского яруса представлены чередующимися доломитами, известняками, гипсами и ангидритами. Региональным водоупором для бухарских горизонтов служит перекрывающая их толща сузакских глин. Относительно выдержанные по простиранию пласты гипсов и ангидритов разбивают отложения яруса на ряд изолированных водоносных горизонтов. При вскрытии горизонтов первыми разведочными скважинами возникали мощные водяные и водо-нефтяные фонтаны с дебитами до 150 л/сек и напорами на устьях скважин 15-16 атм. К настоящему времени скважины большинства промыслов переведены на насосную эксплуатацию. Продолжают фонтанировать лишь скважины на заброшенном промысле Уч-Кизыл и на разведочных структурах Шаамбары и Джейран-Хана.

Распределение бора в водах бухарских горизонтов определяется общей гидрохимической и гидродинамической зональностью артезианских бассейнов. По периферии Сурхан-Дарьинского бассейна располагается область хорошо промытых частей структуры; здесь обычно развиты HCO_3-Ca, HCO_3-SO_4-Mg-Ca и Cl-SO_4-Na-Ca воды с минерализацией до 5г/л. Содержание бора колеблется от следов до $1 \cdot 10^{-4}$%, но обычно не превышает фоновую концентрацию.

В водах бухарских источников было произведено 20 определений бора: в 11 случаях бор не был обнаружен, в 2 источниках были установлены следы бора и в 7 источниках при диапазоне минерализации вод от 0,2 до 4,5 г/л, концентрация бора изменялась от 0,05 до 1,1 мг/л ($5 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-4}$%). В водах восходящего источника Шакарлык-Астана на юго-восточном склоне Ширабад-Сарыкамышской гряды при минерализации вод около 60 г/л содержание бора составляет 37,5 мг/л ($3{,}7 \cdot 10^{-3}$%). По химическому составу и концентрации микрокомпонентов воды этого источника приближаются к бухарским водам нефтеносных структур центральной части депрессии, в частности к водам месторождения Ляль-Микар. В непосредственной близости от водного источника Шакарлык-Астана имеется выход источника бухарской нефти.

По мере удаления разведанных структур от областей питания происходит закономерное увеличение минерализации подземных вод и

изменение их состава. В целом, чем больше данная структура удалена от области питания, тем более минерализованные воды заключены в ее бухарских горизонтах, независимо от глубины их залегания (Балашов, 1960). Поэтому в центральных частях бассейнов развиты соленые и рассольные SO_4-Cl-Ca-Na и Cl-Ca-Na воды. Характеристика вод бухарских отложений депрессии и распределение в них бора дается в табл.2.

В таблице месторождения расположены в порядке возрастания минерализации вод. Обращает на себя внимание устойчивость минерализации этих вод, узкие пределы колебаний концентрации бора и некоторая тенденция к увеличению его концентрации с ростом минерализации. Однако из этой же табл.2 видно, что рост минерализации вод не сопровождается полностью ростом концентрации бора. Нарушение этой тенденции отмечается в пределах месторождения Хаудаг, что касается относительных концентраций бора (по отношению к общей минерализации вод), то это нарушение начинается уже на месторождении Ляль-Микар при минерализации около 57 г/л и продолжается все в большей степени с ростом минерализации вод (Кокайты, Кызыл-Тумшук и Хаудаг).

Исключив из этого ряда источник Шакарлык-Астана, поскольку при его выходе на поверхность происходит подмешивание грунтовых вод, искажающее истинное соотношение элементов, получим ряд, изображенный на рис.2. Интересно отметить, что рост бора у первых членов этого ряда находится в некоторой прямолинейной зависимости от общей минерализации вод, затем темп роста бора резко замедляется (табл.3).

Для того, чтобы понять причину уменьшения роста концентрации бора с увеличением минерализации бухарских вод, рассмотрим распределение бора в водах наиболее крупного и лучше изученного Сурхан-Дарьинского артезианского бассейна.

Минерализация подземных вод отдельно взятого месторождения увеличивается с глубиной. По площади бассейна минерализация возрастает к центру, т.е. конкретно в направлении Джейран-Хана – Старый Термез – Уч-Кизыл – Кокайты – Хаудаг минерализация бухарских вод увеличивается, а далее на север в направлении Хаудаг – Ляль-Микар – Шаамбары уменьшается (см.табл.2). Это обусловлено постепенным проникновением пресных инфильтрационных вод в водоносные горизонты бухарского яруса на периферии бассейна и созданием характерной гидрогеохимической зональности.

Если представить в виде графика зависимость концентрации бора от общей минерализации вод по отдельным разведанным структурам, при-

Таблица 2

Характеристика минерализованных бухарских вод Таджикской депрессии и распределение в них бора

Месторождение	Глубина, м	Дебит, л/сек	Температура, °С	Число определений	Минерализация, г/л		Содержание бора			$B \cdot 10^3$ М	Формула состава по Курлову	Примечание
					Пределы	Среднее	Единичные значения и пределы, мг/л	Среднее				
								мг/л	%			
Джейран-Хана	2I00	4-5	65	5	7,7 - I0,9	9,I	5,2 - I0,0	6,5	$6{,}5 \cdot 10^{-4}$	0,7I	$M9 \frac{Cl75;\ SO_4 23}{Na60;\ Ca80}$	Используются в бальнеологических целях
Шаамбары	I420	3	42	3	8,7 - II,I	I0,I7	8,6 - 9,3	8,8	$8{,}7 \cdot 10^{-4}$	0,87	$MI0 \frac{SO_4 60;\ Cl40}{Na80;\ CaI5}$	То же
Уч-Кизыл	400	0,5	28 - 34	I9	27,9 - 32,2	29,89	26,5 - 38,6	32,8	$3{,}2 \cdot 10^{-3}$	I,I0	$M30 \frac{Cl80;\ SO_4 I4}{Na80;\ CaI2}$	Обводнившийся нефтяной промысел
Источник Шакарлык-Астана	I000 - I200	I,2	I7,2	2	5I,9 - 60,5	56,2	38,I	38,I	$3{,}7 \cdot 10^{-3}$	0,68	$M56 \frac{Cl94;SO_4 5,8}{Na78;\ CaI4}$	Рядом с выходом источника нефти
Ляль-Микар			38 - 50	I4	42,5 - 70,4	57,0	37,2 - 65,5	55,0	$5{,}3 \cdot 10^{-3}$	0,96	$M57 \frac{Cl94;\ SO_4 5,4}{Na78;\ CaI5}$	Нефтяной промысел
Кокайты	I200		32 - 37	29	75,8 - I2I,5	I00,3	43,3 - 80,0	60,9	$5{,}7 \cdot 10^{-3}$	0,6I	$MI00 \frac{Cl98;\ SO_4 I,8}{Na75;\ CaI8}$	" "
Кызыл-Тумшук	Около I000		-	2	II6,8 - II7,0	II6,9	60,0 - 67,6	63,8	$6{,}0 \cdot 10^{-3}$	0,55	$MII7 \frac{Cl98;\ SO_4 I,7}{Na73;\ CaI7}$	Газонефтеразведка
Хаудаг	I50 - I60		25 - 27,5	I5	95,2 - I46,3	II9,26	26,6 - 68,8	48,3	$4{,}5 \cdot 10^{-3}$	0,4I	$MII9 \frac{Cl98;\ SO_4 I,5}{Na72;\ CaI9}$	Нефтяной промысел

Таблица 3

Изменение темпа роста концентрации бора с ростом минерализации бухарских вод

Месторождение	Средняя минерализация вод, г/л	Разница в минерализации вод в данном и предшествующем месторождении, г/л	Средняя концентрация, мг/л	Разница концентраций в водах данного и предшествующего месторождения, мг/л	Отношение разности концентрации бора к разности минерализации вод
Джейран-Хана	9,I	-	6,5	-	-
Шаамбары	I0,2	I,I	8,8	2,3	2,I0
Уч-Кизыл	30,0	I9,8	32,8	24,0	I,27
Ляль-Минар	57,0	27,0	55,0	22,2	0,82
Кокайты	I00,3	43,3	60,9	5,9	0,I3
Кызыл-Тумшук	II6,9	I6,6	63,8	2,9	0,I7
Хаудаг	II9,3	2,4	48,3	-I5,5	-6,45

чем по оси абсцисс расположить месторождения в их естественной последовательности на площади бассейна с юга на север, а по оси ординат минерализацию бухарских вод и концентрацию в них бора, то получим график, *изображенный на рис.3.* На графике видно, что общая минерализация вод возрастает по направлению к центру бассейна как с юга, так и с севера, достигая максимума в районе месторождения Хаудаг, тогда как концентрация бора с ростом минерализации сначала возрастает, а затем (в районе Хаудаг) заметно снижается. Еще отчетливее эта закономерность проявляется при *рассмотрении относительных* концентраций бора (по отношению к общей минерализации) в бухарских водах этого бассейна (рис.4). На графике видно, что относительная концентрация бора в высокоминерализованных водах месторождений Кокайты и Хаудаг более низкая, чем даже в опресненных водах *месторождений Джейран*-Хана и Шаамбары. Увеличение относительных количеств бора наблюдается в бухар-

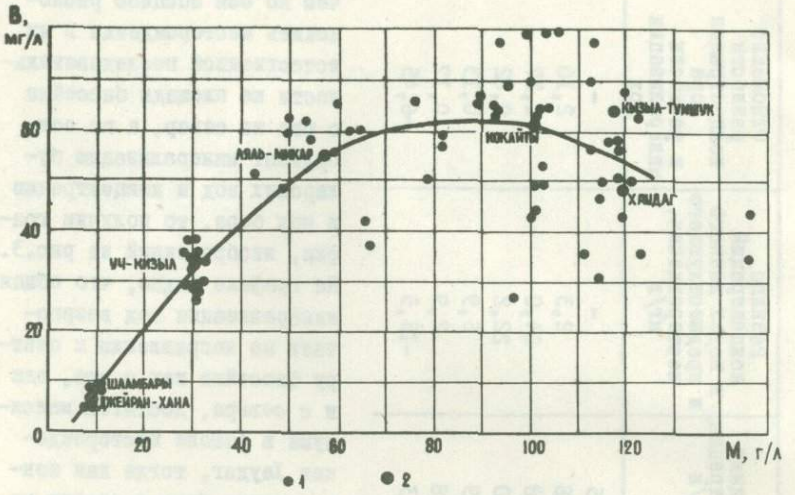


Рис.2. Зависимость распределения бора от минерализации бухарских вод Таджикской депрессии

ских водах месторождений Уч-Кизыл и Ляль-Микар. Следует подчеркнуть, что совершенно аналогичное распределение имеет в бухарских водах и йод.

Причиной такого распределения, вероятно, является развитие процессов десорбции бора из водовмещающих пород и перевод его в водный раствор благодаря нарушению застойных восстановительных условий, господствовавших в пласте, при внедрении кислороднесущих инфильтрационных вод из областей питания (Балашов, 1960). Возможность такой десорбции при изменении условий и ее масштабы установлены экспериментально В.В.Красинцевой, показавшей, что из пород в водные вытяжки переходят такие количества бора, которые в десятки раз превышают его содержание в поровых водах (Красинцева, 1960).

В целом для Таджикской депрессии бухарские минерализованные воды наиболее обогащены бором и являются наиболее надежным его источником в случае промышленного освоения его ресурсов из подземных вод депрессии.

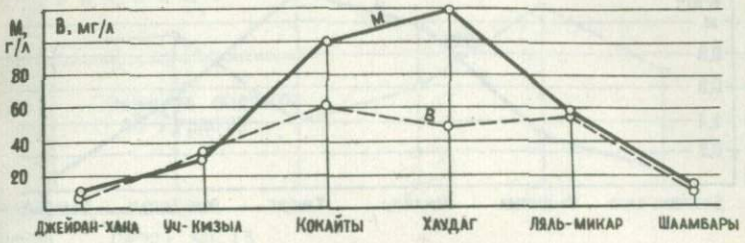


Рис.3. Распределение средних концентраций бора в бухарских водах Сурхан-Дарьинского бассейна

Воды верхнемеловых отложений

Верхнемеловые отложения имеют повсеместное распространение в Таджикской депрессии. Они представлены осадками неглубокого моря - известковистыми глинами, песчанистыми известняками, песчаниками, мергелями и известняками-ракушечниками. В разрезе верхнего мела установлено несколько водоносных горизонтов, являющихся по своим коллекторским свойствам горизонтами поровых и трещинных вод.

В окраинных частях артезианских бассейнов, где породы верхнего мела выходят на дневную поверхность или испытывают неглубокое погружение, развита область хорошо промытых частей артезианской структуры. Здесь из водоносных верхнемеловых горизонтов местами выходят источники пресных и слабоминерализованных вод гидрокарбонатно-кальциевого или сульфатно-хлоридно-кальциево-натриевого состава, с общей минерализацией до 5 г/л. Из 26 источников этого типа, опробованных на бор, в 9 бор не был обнаружен, в 2 обнаружены следы бора и в 15 источниках, минерализация вод которых от 0,6 до 3,6 г/л, установлен бор в количестве от 0,2 до 1,0 мг/л при среднем значении минерализации 1,85 г/л и концентрации бора 0,5 мг/л ($5 \cdot 10^{-5}$%).

Более минерализованные соленые и рассольные воды верхнего мела выходят в виде восходящих источников в местах тектонических нарушений или вскрываются буровыми скважинами в центральных частях депрессии. Минерализация вод этих источников весьма различна в зависимости от глубины залегания разгружающегося горизонта или интенсив-

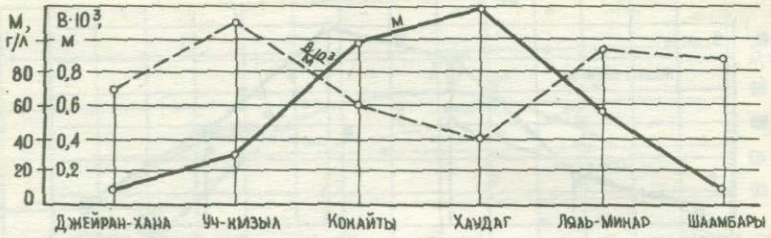


Рис.4.Распределение средних относительных значений концентраций бора в бухарских водах Сурхан-Дарьинского бассейна

ности подмешивания пресных грунтовых вод. При вскрытии водоносных горизонтов верхнего мела скважинами они проявлялись мощным фонтанированием и высокими напорами вод. Так, на месторождении Уч-Кизыл скв.3 имела первоначальный дебит I50 л/сек, давление на устье I3,9 атм, температура ее 4I°; на Хаудаге дебит скв.24 составил около I0 л/сек, давление на устье 48-50 атм, температура воды 42°. Однако в процессе эксплуатации довольно быстро происходило снижение уровня вод и дебита скважин.

Как видно из табл.4, минерализованные воды верхнемеловых отложений депрессии, несмотря на широкий диапазон минерализации (от 7 до 256 г/л), отличаются устойчивым гидрохимическим обликом и относятся к Cl-Ca - *Na* классу соленых вод. В чистом виде этот класс вод (по Л.С.Балашову, когда содержание хлора равно или превышает 95% экв. от суммы анионов) проявляется у вод с минерализацией 60 г/л и более. Повышенная температура вод свидетельствует о достаточно глубоком залегании водоносных горизонтов, разгружающихся в указанных источниках и скважинах.

Если не принимать во внимание данные по источнику Пушион, состав воды которого нехарактерен для всех других минерализованных вод депрессии, мы можем сделать следующие заключения о поведении бора в водах верхнемеловых отложений:

I. Абсолютные значения концентрации бора для вод с общей минерализацией 30 - 240 г/л (т.е., когда минерализация изменяется в 8 раз) колеблются в очень узких пределах - от 23 до 42 мг/л (т.е.менее, чем в 2 раза).

Таблица 4

Характеристика минерализованных вод верхнего мела и распределение в них бора

Место отбора пробы	Дебит, л/сек	Температура, °С	Число определений	Минерализация, г/л		Содержание бора			$B \cdot 10^3$ / M	Формула состава по Курлову
				Единичные значения и пределы	Средняя	Единичные значения и пределы, мг/л	Среднее мг/л	Среднее %		
Источник Оби-Шур № 4, Гиссарский хребет, селение Худжи	0,1	21,5	2	6,8 - 7,4	7,1	2,4 - 4,0	3,2	$3 \cdot 10^{-4}$	0,45	$M7 \frac{Cl72; SO_4 13}{Na69; Ca17}$
Источник Оби-Шур № 5	0,1 - 0,3	23,8	2	15,1 - 17,6	16,3	8,1 - 10,1	9,1	$9 \cdot 10^{-4}$	0,56	$M16 \frac{Cl89; SO_4 88}{Na79; Ca15}$
Селение Каратаг, скв.1, Гиссарский хребет	0,1	18,8	1	29,3	29,3	34,5	34,5	$3,3 \cdot 10^{-3}$	1,17	$M29 \frac{Cl87; SO_4 18}{Na81; Ca14}$
Селение Каратаг, скв.2	0,5	23,8	1	31,9	31,9	37	37	$3,6 \cdot 10^{-3}$	1,15	$M32 \frac{Cl89; SO_4 10}{Na83; Ca13}$
Источник Оби-Шур № 2	0,2 - 0,3	24,8	2	30,1 - 37,1	33,6	17 - 34	25	$2,4 \cdot 10^{-3}$	0,74	$M34 \frac{Cl93; SO_4 56}{Na79; Ca15}$
Источник Оби-Шур № 3	0,2	25,2	1	60,6	60,5	23	23	$2,2 \cdot 10^{-3}$	0,38	$M60 \frac{Cl97; SO_4 2}{Na80; Ca13}$
Источник Ходжа-Икан-булак, хр.Койки-тау	0,5	23,2	5	207,3 - 218,6	212,7	17,5 - 22,8	20,8	$1,85 \cdot 10^{-3}$	0,10	$M214 \frac{Cl99; SO_4 0,8}{Na62; Ca21}$
Акбашадыр, скв.41, Вахшский бассейн	3 - 4	53,0	1	221,1	221,1	41,7	41,7	$3,6 \cdot 10^{-3}$	0,19	$M221 \frac{Cl99; SO_4 0,3}{Na66; Ca27}$
Хаудаг, скв.124 Сурхан-Дарьинский бассейн	0,1	42,0	2	237,7 - 238,0	237,8	18,5 - 34,4	26,4	$2,3 \cdot 10^{-3}$	0,11	$M238 \frac{Cl99,7; SO_4 0,2}{Na71; Ca24; Mg5}$
Источник Пушион, Кулябский район	1 - 2	22,8	2	251 - 260	255,5	124 - 124	124	$1,1 \cdot 10^{-2}$	0,49	$M255 \frac{Cl99,5; SO_4 0,4}{Na80; Ca14; Mg5}$

2. Концентрация бора в менее минерализованных водах верхнего мела (30 - 34 г/л) даже в абсолютном выражении более высокая (25 - 37 мг/л), чем в сильно минерализованных водах (соответственно 60 - 238 г/л и 23 - 26 мг/л). Исключение представляют лишь воды месторождения Акбашадыр и источника Пушион.

3. Относительные концентрации бора (по отношению к общей минерализации) во всех случаях более высокие для менее минерализованных вод, чем для вод сильно минерализованных.

4. Сохранение гидрохимического облика вод при значительном уменьшении общей минерализации свидетельствует о процессе разбавления концентрированных верхнемеловых вод пресными поверхностными или грунтовыми водами. Увеличение при этом абсолютных и особенно относительных концентраций бора в водах может свидетельствовать об усилении процессов десорбции бора из водовмещающих отложений верхнего мела и перевод его в водные растворы. Процессы десорбции вызываются нарушением восстановительных условий и равновесий в водоносных горизонтах при внедрении в них кислородсодержащих вод поверхностной зоны.

5. Средняя концентрация бора в минерализованных водах верхнего мела составляет 3.10^{-3}%, что в 10 раз выше кларка бора в литосфере и в 20 раз превышает принятое нами фоновое его значение в водах Таджикской депрессии.

Воды восходящего сильно газирующего сероводородного источника Пушион, расположенного в области развития мощных толщ соленосных отложений верхней юры на восточном склоне соляного купола Ходжа-Сартис в Кулябском районе, резко отличаются от других вод бассейна. Связь источника с водами верхнемеловых отложений принята условно, исходя из гидрохимического облика и класса его вод. От многочисленных источников этого района, выходящих из соленосных отложений верхней юры, воды источника Пушион отличаются по макрокомпонентному, микрокомпонентному и газовому составу.

Так, например, рассолы связанные с солями верхней юры, относятся к чистому хлоридно-натриевому классу вод. При минерализации 318 - 320 г/л они содержат 98% хлора и 98% натрия, концентрация бора в них составляет всего I - 3 мг/л. В то же время в водах источника Пушион при минерализации вод 256 г/л содержится I24 мг/л бора.

Концентрация бора в водах источника Пушион на порядок выше его концентрации в других верхнемеловых водах и в 2-3 раза превышает его концентрацию в минерализованных водах бухарских горизонтов. Наряду с аномально высокой концентрацией бора нами установлено здесь очень высокое содержание некоторых других микрокомпонентов, в частности лития.

Воды отложений нижнего мела

Без видимых следов перерыва верхний мел постепенно сменяется красноцветными и пестроцветными песчано-глинистыми отложениями нижнего мела, нередко засоленными и включающими прослои мергелей и известняков. Эти красноцветные отложения представляют собой в основном континентальные и лагунно-прибрежные образования.

Нижнемеловые отложения в целом бедны подземными водами. Водоносными обычно являются красноцветные, коричневых тонов песчаники грубозернистые, слюдистые, переслаивающиеся с песчаными засоленными глинами.

Минерализация вод источников в областях питания в тех местах, где породы нижнего мела в основном промыты, колеблется от 0,7 до 5,9 г/л. Состав вод гидрокарбонатно-магниево-кальциевый (у источников пресных вод), сульфатно-кальциевый и сульфатно-магниево-кальциевый (у источников с минерализацией вод от I,5 до 3 г/л) и еще более пестрый хлоридно-сульфатный натриево-магниево-кальциевый и затем сульфатно-хлоридный кальциево-натриевый (у источников с минерализацией вод 4-6 г/л). В более минерализованных водах состав становится хлоридно-натриевым.

Из I2 опробованных на бор источников подземных вод из нижнемеловых отложений в 3 случаях бор не был обнаружен, в I источнике найдены следы бора, в 8 случаях найден бор в количестве от 0,I до 5,5 мг/л (табл.5).

Среднее значение минерализации вод источников из этих отложений в промытых частях артезианских бассейнов составляет 2,77 г/л, а среднее содержание бора 0,6 мг/л ($6 \cdot 10^{-5}$%). Для большинства же этих источников концентрация бора находится в пределах $1 \cdot 10^{-5}$ - $3 \cdot 10^{-5}$%, т.е. меньше фоновой или приближается к фоновой концентрации бора в подземных водах Таджикской депрессии. Источник с минерализацией вод 46,94 г/л характеризует зону более глубокой циркуляции под-

Таблица 5

Данные о водах источников из отложений нижнего мела

Место отбора пробы	Минерализация, г/л	Содержание бора, мг/л	$\frac{B \cdot 10^3}{M}$	Формула состава по Курлову
Источник на северном склоне хр.Каратау, в 38 км по шоссе Душанбе-Куляб	0,71	0,15	0,20	$M0,7 \frac{HCO_3 68,5; SO_4 28}{Mg46; Ca40}$
Источник в 4 км к северу от с.Шурхог, южный склон Гиссарского хребта	1,48	0,15	0,10	$M1,5 \frac{SO_4 84; HCO_3 14}{Ca77; Mg23}$
Источник в левом борту долины рек Дара и Намак, Вахшский хребет	2,00	0,12	0,06	$M2,0 \frac{SO_4 92; HCO_3 7}{Ca72; Mg25}$
Источник в 3 км к северу от источника нефти Сангмиля, южный склон Гиссарского хребта	2,08	0,1	0,05	$M2,1 \frac{SO_4 89; HCO_3 9}{Ca67; Mg26}$
Источник Ак-Мечеть восточный склон хр.Бабатаг	2,93	0,3	0,10	$M2,9 \frac{SO_4 94; HCO_3 4}{Ca63; Mg33}$
Источник на восточном склоне северного окончания хр.Бабатаг	4,30	2,5	0,58	$M4,3 \frac{SO_4 25; Cl 12}{Ca40; Mg30; Na98}$
Источник в правом борту сая на куполе Ходжа-Сартис, Кулябский район	5,88	0,1	0,02	$M5,9 \frac{Cl 25; SO_4 12}{Na85; Ca8; Mg4}$
Источник на восточном склоне хребта Бабатаг	46,94	5,5	0,12	$M47 \frac{Cl 89,7; SO_4 10}{}$

земных вод в отложениях нижнего мела.

В центральной части депрессии отложения нижнего мела вскрыты лишь одной скв.136 - бис на нефтяном месторождении Хаудаг, где на глубине 1679 м встречен водоносный горизонт в песчаниках альба. Горизонт проявился незначительным переливом горячей воды с температурой около 45°. Относительно низкая минерализация вод (139,8 г/л), свидетельствует о том, что проба была отобрана при заметном влиянии пресной составляющей глинистого раствора. При анализе воды микрокомпоненты, в том числе и бор, не были определены. Состав же макрокомпонентов характеризует значительную степень метаморфизации вод. Состав воды по формуле Курлова:

$$M\,139\ \frac{Cl\,98;SO_4\,1,9;HCO_3\,0,1}{Na\,60;Ca\,34;Mg\,6}$$

О бороносности вод нижнемеловых отложений в зоне замедленного водообмена можно судить по данным, полученным для воды из скважины у ж.-д.ст.Самсоново.При слабом водопритоке из верхней пачки отложений нижнего мела минерализация воды составляла 140 г/л, а концентрация бора 5,1 мг/л ($4{,}7\cdot10^{-4}$%).

Воды верхнеюрских отложений

В пределах Таджикской депрессии отложения верхнеюрского возраста представлены двумя резко различными фациями осадочных пород: мощной (до 600 м) толщей кристаллических темно-серых известняков келловей-оксфордского возраста и мощной пачкой гипсоносных и соленосных отложений киммеридж-титона.

С соленосной толщей киммеридж-титона (J_3^{km-t}) связаны наиболее минерализованные подземные воды депрессии. Отложения этой толщи распространены в депрессии довольно широко, но обычно они слабоводоносны и крупные источники из этих пород сравнительно редки (приурочены к местам выхода соленосных отложений на дневную поверхность в Кугитангском, Баба-Тагском, Яванском, Кулябском и Гармском районах). Воды имеют характерный хлоридно-натриевый состав (относятся к хлоридно-натриевому классу соленых вод).

Бороносность вод соленосных отложений представляет интерес с точки зрения оценки содержания минералов бора в галогенных отложе-

ниях, учитывая известный факт приуроченности ряда крупных месторождений боратов к гипсовым шляпам соляных куполов. В этом случае следовало бы ожидать повышенных концентраций бора в подземных водах районов развития соленосных пород. Однако соленые воды верхней юры в депрессии наоборот очень сильно обеднены бором (так же как и йодом и некоторыми другими рассеянными элементами). За пределами депрессии на Тюбе-Гатанской структуре в гипсах верхнеюрского возраста обнаружено борное месторождение в виде вкрапленников и гнезд боратов, представленных рыхлым порошковатым минералом белого цвета. Тем не менее и в этом районе заметного увеличения бора в юрских водах не наблюдается.

Правда, в целом для Таджикской депрессии в водах соленосных отложений верхней юры наблюдается увеличение концентрации бора с востока на запад, хотя общая минерализация вод растет в обратном направлении. Но даже в наиболее богатых бором водах соленосной юры концентрация его на порядок ниже, чем в бухарских и верхнемеловых водах (табл.6).

Рассматривая табл.6, можно видеть, что гидрохимический облик юрских вод при сравнительно широком диапазоне величин их общей минерализации (I68-320 г/л) сохраняется с удивительным постоянством. Все приводимые в таблице примеры относятся к чистому хлоридно-натриевому классу соленых вод. Это тем более характерно, что пробы вод отобраны из различных далеко отстоящих друг от друга районов Таджикской депрессии, и, следовательно, причина этой закономерности кроется в генетической природе вод, в общности условий формирования подземных вод этого типа.

Более повышенные концентрации бора отмечаются в менее минерализованных водах соленосной юры. Пределы колебания общей минерализации и концентрации бора для отдельных месторождений довольно узкие, за исключением соляного купола Ходжа-Сартис, в водах которого концентрация бора колеблется от I до 7 мг/л. Следует подчеркнуть, что в целом концентрация бора в водах соленосной юры в I0 и даже I00 раз более низкая, чем в соленых водах морских отложений бухарского и верхнемелового возраста.

В местах выхода соленых источников в Таджикской депрессии производится кустарная добыча соли путем упаривания рассолов в сообщающихся между собой плоскодонных запрудах и фалах и последующей ломки соли. При упаривании хлоридно-натриевых рассолов в естествен-

Таблица 6

Содержание бора в водах соленосных отложений верхней юры

Источник	Число определений	Минерализация, г/л		Содержание бора			$B \cdot 10^8$ / M	Формула состава по Курлову
		Единичные значения и пределы	Средняя	Единичные значения и пределы, мг/л	Среднее мг/л	Среднее %		
Яр-Тепе, восточный склон хр. Бабатаг	I	I68,3	I68,3	6,9	6,9	$6,2 \cdot 10^{-4}$	0,04I	$MI68 \frac{Cl95;SO_4 5}{Na96;Ca3}$
Источник в сае Шур-Дара, Яванская долина	I	I86,8	I87	4,2	4,2	$3,7 \cdot 10^{-4}$	0,0226	$MI87 \frac{Cl99}{Na95}$
Мын-Батман, хр. Бабатаг	3	230 - 247	239	5,0 - 9,2	7,3	$6,3 \cdot 10^{-4}$	0,0320	$M239 \frac{Cl\ 98}{a98}$
Ходжа-Сартис, Кулябский район	3	3II - 320	3I7	I,0 - 7,0	4,I	$3,7 \cdot 10^{-4}$	0,0I75	$M3I8 \frac{Cl\ 98}{Na98}$
Мондок, Кулябский район	I	3I9,9	320	I,5	I,5	$I,2 \cdot 10^{-4}$	0,0047	$M320 \frac{Cl\ 98}{Na98}$
Ходжа-Мумын, Кулябский район	9	308 - 322	3I8	0,3 - I,5	I,0	$8,3 \cdot 10^{-5}$	0,003I	$M3I8 \frac{Cl\ 98}{Na98}$
Танапчи, Кулябский район	2	3I7 - 3I9	3I8	0,5 - 0,5	0,5	$4,2 \cdot 10^{-5}$	0,00I5	$M3I8 \frac{Cl\ 98}{Na98}$
Дара-и-Намак Вахшский хребет	I	3I8	3I8	I,0	I,0	$8,3 \cdot 10^{-5}$	0,003I	$M3I8 \frac{Cl\ 98}{Na98}$
Фолюма, хр. Петра Первого	I	320	320	-	Следы	-	-	$M320 \frac{Cl\ 98}{Na98}$

ных условиях жаркого климата в образующейся рапе, минерализация которой в 1,3 – 1,5 раза выше минерализации исходного рассола, происходит увеличение концентрации бора примерно в 3–4 раза. Это свидетельствует о том, что бор не захватывается галоидными солями в осадок, а концентрируется в растворе. Так, в пробе воды, отобранной из фалы у источника Мын-Батман, при минерализации рапы 320 – 322 г/л концентрация бора 21 – 26 мг/л, что в 3,5 раза превышает его концентрацию в соленых водах самого источника.

Формула состава рапы из фалы Мын-Батман следующая:

$$M322\ \frac{Cl98{,}6;SO_4 1{,}3}{Na96;Mg2;Ca2}\ B26.$$

Гидрохимические особенности рассола сохраняются (т.е. такие же как и у вод источника, см.табл.6).

Из 12 опробованных на бор источников пресных и слабоминерализованных вод, выходящих из известняков верхней юры, в 4 случаях бор не был обнаружен, в водах других 4 источников установлены следы бора и в 4 источниках с минерализацией вод 0,3 – 2,1 г/л найден бор в количестве от 0,02 до 0,5 мг/л ($2\cdot10^{-6}$ – $5\cdot10^{-5}$%). Некоторые данные о распределении бора в соленых водах карбонатной толщи верхней юры приводятся в табл.7.

Из сравнения данных табл.7 с данными о распределении бора в других горизонтах минерализованных вод можно видеть, что концентрация бора в последних трех анализах соответствует его концентрации в минерализованных водах верхнего мела, хотя гидрохимическая характеристика вод несколько различна.

Выводы и рекомендации

1. Установлено, что в артезианских бассейнах депрессии основные запасы рассеянного бора сосредоточены в водоносных горизонтах осадочных пород морского генезиса. Отдельные водоносные горизонты, приуроченные к прослоям песчаников и конгломератов континентальных толщ неогена, олигоцена и нижнего мела, обеднены бором.

Впервые мысль о том, что бор прежде всего связан с морскими осадками, высказал Дьюлафайт еще в 1877 г. Впоследствии эта мысль подтвердилась многими исследователями.

Таблица 7

Содержание бора в минерализованных водах известняковой толщи верхней юры

Место отбора пробы	Минерализация, г/л	Содержание бора		$B.10^8$ / M	Формула состава по Курлову
		мг/л	%		
Источник Шуар-Кярыз, Гаурдак..	35,03	4,2	$4 \cdot 10^{-4}$	0,12	$M35 \frac{Cl87; SO_4 12}{Na85; Ca11}$
Источник Ходжа-Ипак, Тюбе-Гатан	79,60	1,5	$1,3 \cdot 10^{-4}$	0,02	$M79 \frac{Cl92; SO_4 7}{Na92; Ca6}$
Скважина 87/019, Гаурдак	179,42	46	$4,4 \cdot 10^{-3}$	0,25	$M179 \frac{Cl98; SO_4 1}{Na90; Ca6}$
Скважина 478, Гаурдак	186,77	38	$3,6 \cdot 10^{-3}$	0,20	$M187 \frac{Cl98; SO_4 1,7}{Na90; Ca6}$
Скважина 478, Гаурдак	197,20	36	$3,3 \cdot 10^{-3}$	0,18	$M197 \frac{Cl98; SO_4 1,8}{Na91; Ca6}$

Источником поступления повышенных концентраций бора в горные породы и воды является, как известно, также вулканическая деятельность, в частности, вулканические эксгаляции и фумаролы, выносящие на поверхность многие рассеянные элементы. Однако в условиях депрессии этот источник для рассматриваемых вод мезозойских и кайнозойских отложений отсутствовал.

2. Из рассмотренных водоносных горизонтов депрессии наиболее обогащены бором горизонты алайских, бухарских и верхнемеловых отложений. Минерализованные воды этих отложений, относящиеся к Cl - Ca -Na классу соленых вод, заключают в среднем 30 - 60 мг/л бора ($3 \cdot 10^{-3}$ - $6 \cdot 10^{-3}$%), что на порядок выше его концентрации в морской воде (Вернадский, I923; Глебович, I946; Добржанская, I949) и соответствует его концентрации в минерализованных водах этого класса многих других нефтеносных провинций (Крайнов, I959; Щербаков, I96I) и его содержанию в высушенном веществе морских водорослей, червей, иглокожих (Виноградов, I944) и морских илах (Гуляева, I948; Красинцева, I960).

3. Относительное содержание бора ($\frac{B}{M}$) в водах этих горизонтов в целом увеличивается с уменьшением (до определенного предела) минерализации вод. Особенно отчетливо данная закономерность проявляется в минерализованных водах бухарских горизонтов. В этом процессе сказывается роль динамики подземных вод и степень промытости артезианских бассейнов пресными инфильтрационными водами.

Наиболее обогащены бором воды в тех участках геологических структур, где наблюдается геохимическая связь вод глубоких зон восстановительной обстановки с инфильтрационными водами окислительной среды и, где на восстановительные условия глубокой зоны наложились, привнесенные инфильтрационными водами условия поверхностной окислительной среды. Повышенная концентрация бора в данном случае связана с активизацией в этих условиях процессов десорбции рассеянного бора из вмещающих пород и перевод его в водные растворы.

4. Наиболее минерализованные воды в мезозойских отложениях депрессии связаны с галогенной толщей верхнеюрского возраста. Минерализация этих вод колеблется в пределах I70 - 320 г/л, составляя в среднем около 300 г/л. Во всех случаях воды относятся к чистому Cl -Na классу соленых вод. Концентрация бора в таких рассолах, несмотря на высокую их минерализацию, ничтожна (7-0,5 мг/л и менее)

и уменьшается с увеличением минерализации вод. Содержание бора в водах этого класса в десятки и даже сотни раз меньше по сравнению с содержанием его в соленых водах других горизонтов.

Такая же концентрация бора отмечается в рассолах этого класса и в других районах развития соленосных толщ, например, на Украине и в Киргизии (Крайнов, I959; Щербаков, I96I).

Таким образом, это явление носит широкий региональный характер и может быть объяснено процессами обеднения солеродных лагун органической жизнью, которые приводят к резкому сокращению концентрирования бора в осадках.

5. Среди минерализованных вод Таджикской депрессии выделяются воды сероводородного источника Пушион, относящиеся к рассолам Cl-Ca-Na и в высокой степени обогащенные бором и литием. Нашими исследованиями установлено, что концентрация бора в водах этого источника составляет I24 мг/л (503 мг/л HBO_2), причем одна и та же цифра (503 и 502,3 мг/л) была получена на пробах, отобранных в разные годы и анализировавшихся в различных лабораториях, что свидетельствует о ее достоверности.

Указанная концентрация бора в 3-6 раз превышает его концентрацию в других минерализованных водах верхнего мела депрессии и в 2-3 раза наивысшую концентрацию бора в алайских и бухарских минерализованных водах и в минерализованных водах известняковой толщи верхней юры.

Еще более отличаются воды источника Пушион с сильноминерализованными водами соленосной толщи верхней юры (Кулябский район), относящимися уже к Cl-Na классу соленых вод. Концентрация бора в этих рассолах в 40 и даже 200 раз более низкая, чем в водах источника Пушион.

Литература

Балашов Л.С. Артезианские воды Сурхан-Дарьинской депрессии и их промышленное значение. Рукопись. Т.I, текст, стр.I-276; т.2, текст, стр.277-707; т.3, таблицы анализов, стр.I-I40. Фонды Лаборатории гидрогеологических проблем им.Ф.П.Саваренского, I955.

Баланов Л.С. Сурхан-Дарьинский артезианский бассейн. Изд-во АН СССР, стр.I-280, М., I960.

Баланов Л.С. Справка о месторождениях йодо-бромных и борных вод Таджикской депрессии. Т.I, текст, стр.I-37; т.2, таблицы, стр.I-57, рукопись. Фонды Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф.П.Саваренского. М., I96I.

Берг Г. Геохимия месторождений полезных ископаемых.Изд.2. ОНТИ, М.- Л., I937.

Вернадский В.И. Живое вещество в химии моря.Науч. химико-технич.изд-во. Петроград, I923 (36 стр.).

Вернадский В.И. О рассеянии химических элементов. I927, стр.I-I5. Избранные сочинения. Изд-во АН СССР, т.I, стр.5I9-527, I954а.

Вернадский В.И. Химические элементы и механизм земной коры. "Природа", I922, № 3-5, стр.3I-40. Избранные сочинения. Изд-во АН СССР, т.I, стр.5I3-5I8, I954б.

Вернадский В.И. Избранные сочинения, т.5, стр.I60-I83. Изд-во АН СССР, I960.

Виноградов А.П. Химический элементарный состав организмов моря. Ч.Ш. Тр.биохим.лабор.АН СССР, т.6, М.- Л., I944.

Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Издание второе, дополненное. Изд-во АН СССР, М., I957.

Гольдшмидт В.М. и Петерс К. К геохимии бора.T.I,П.Сб.статей по геохимии редких элементов. М.- Л., I938.

Глебович Т.А. Бор в море. Труды биохимической лаборатории АН СССР, т.8. Изд-во АН СССР, М.- Л., стр.227-249, I946.

Гуляева Л.А. Распространение бора в современных органогенных осадках. Докл.АН СССР, т.37, № I, I942.

Гуляева Л.А. О содержании бора в современных морских илах. Докл.АН СССР, нов.серия, т.60, № 5, I948.

Добржанская М.А. К вопросу о распределении бора в морях.Тр.Севастопольской биологической станции им.А.О.Ковалевского АН СССР, т.7. Изд-во АН СССР, М.- Л., I949.

Крайнов С.Р. Общий обзор данных по распределению бора в подземных водах и направление гидрогеологических исследований в проблеме поисков борных месторождений. Рукопись. ВСЕГИНГЕО, М.,I959.

К р а с и н ц е в а В.В. О накоплении бора в минеральных водах в результате выделения его из осадочных пород. Сб."Проблемы гидрогеологии", *Госгеолтехиздат*, 1960.

С т р а х о в Н.М. и Б о р н е м а н - С т а р ы н к е в и ч И.Д. О стронции, бсре и броме в породах нижнепермской галогенной толщи Башкирского Приуралья. Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. Изд-во АН СССР, М.- Л., 1946.

С т р е п е т о в В.П. Некоторые особенности гидрохимической зональности водоносного комплекса известняковой свиты Гаурдак-Тюбегатанского района. В сб."Гидрогеохимия подземных вод некоторых районов Средней Азии", АН СССР, 1963.

Щ е р б а к о в А.В. Гидрогеохимические исследования при поисках и разведке подземных бороносных вод. Госгеолтехиздат,стр. 1-127, 1961.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

А.В. Щербаков. Предисловие 3

И.К. Зайцев. Некоторые региональные закономерности распределения бора в СССР 5

В.В. Красинцев и А.В.Щербаков. О генезисе подземных вод Предкавказья и Юго-Восточного Прикаспия и их связи с поровыми растворами глинистых отложений 47

С.Р. Крайнов и М.Х. Королькова. Основные особенности распространения бора в минеральных водах Малого Кавказа 58

К.Е. Питьева. Некоторые особенности геохимии бора в подземных водах Предкавказья 81

И.Г. Киссин. Бороносность глубоких подземных вод Восточного и Центрального Предкавказья. 93

В.Б. Каплун. Бор в водах нижнего отдела продуктивной толщи Апшеронского полуострова 108

Г.А.Голева. Бороносность подземных вод западных областей Украины 120

В.И. Гуревич. Особенности распространения бора в подземных водах северной части Русской платформы 136

Л.В.Славянова и А.Б.Воронов. Бор в подземных водах Волго-Уральской области 149

Л.С. Зайцев. Об изучении бороносности вулканогенно-осадочных отложений Восточной Сибири и Средней Азии 163

Л.С.Балашов и В.П.Стрепетов. Распределение бора в минерализованных водах Таджикской депрессии . . 171

5476