

УДК 556.3

*А.Е. Комлев, Б.Н. Лузгин***Гидрохимические обстановки подземных вод предалтайских равнин***A.E. Komlev, B.N. Luzgin***Hydro-Chemical Conditions of Underground Waters in the Altai Plains**

Рассмотрены гидрохимические обстановки минерализованных подземных вод Кулундинской окраины Западно-Сибирского артезианского бассейна исходя из усредненных региональных значений их катионно-анионного состава и группирования в три основных гидрогеологических комплекса – четвертичный, неогеновый, палеогеновый. В разрезе они формируют общую линзообразную структуру, ядром которой являются воды неогенового гидрогеологического комплекса, характеризующегося наиболее существенной и выдержанной минерализацией.

Ключевые слова: гидрохимия, гидрогеологические комплексы, минерализованные воды, минерализационная зональность, озерные соли, вторичное засоление.

Проведенные ранее исследования гидрохимических обстановок региона привели к разным представлениям о характере распространения здесь подземных пресных и соленых вод [1–3]. Высказывались мнения о преимущественно поэтажном блоковом их распространении. Ю.Н. Акуленко и В.И. Бивалькевич [4] для Обь-Чумышской возвышенности отмечали доминирование подземных вод гидрокарбонатно-кальциевого состава. На Приобском плато предполагалась смена с глубиной гидрокарбонатных вод сульфатными и хлоридными. В Кулундинской равнине, наоборот, на глубине доминировали гидрокарбонатно-натриевые воды. Позднее коллективом Алтайской гидрогеологической экспедиции (В.В. Девятаевой, О.В. Кулюкиной и др.) было привлечено внимание к сложной латеральной зональности для всех 4 вскрытых скважинами водоносных комплексов – от мелового до плейстоцен-голоценового. По этим материалам вышла в свет обобщающая публикация О.Л. Магальяс [5]. Согласно ей закономерностью распределения минерализованных вод является приуроченность хлоридных разностей к центральной части Кулундинской низменности. Сульфатные воды окружают их, а пресные приурочены преимущественно к западным и восточным границам всех водоносных горизонтов. По К.В. Филатову [3] и Ю.П. Никольской [2], гидрохимический

The article considers hydro-chemical conditions peculiar to mineralized underground waters of the Kulunda outskirts in West-Siberian artesian pool taking into account their frequency cationic and anionic average values and grouping them into three basic hydro-geological complexes – Quaternary, Neogene and Paleogene. Its kernel is the waters of Neogene hydro-geological complex defined by the most essential and sustained mineralization.

Key words: hydrochemistry, hydro-geological complexes, mineralized waters, mineralized zonal structure, lake salts, secondary salting.

состав вод мозаично дифференцирован по катионно-анионному составу.

Методика работ. В основу предпринятых нами обобщений положены данные по кадастру гидрогеологических скважин, пройденных в 2000–2008 гг. (рис. 1).

В качестве GIS использовалась Map Info 7,0. Распространение и концентрации анионных и катионных компонентов минерализованных вод отражались согласно методике интерпретации IDW [6; 7]. Анионный состав анализировался неоднократно, но без поэлементных катионных составляющих. Учитывая неравномерность размещения скважин, мы сознаем, что наши выводы скорее отражают не закономерности, а их тенденции. Принципиальной особенностью наших исследований является также то, что мы использовали отдельные и усредненные покомпонентные региональные концентрации минерализации. Такими средними значениями, согласно проведенным расчетам, послужили: для анионов – хлорида 75, сульфата 150, гидрокарбоната 300 мг/дм³; для катионов – натрия 125, кальция 50, магния 75 мг/дм³. Эти уровни значительно превосходят фоновые для пресных вод: по HCO₃⁻ – в 5,7 раза, Cl⁻ – в 10,7, SO₄²⁻ – в 15, Ca²⁺ – в 3,6, Na(K)⁺ – в 16,7, Mg²⁺ – в 21,4 раза. Соотношения между данными компонентами внутри анионной и катионной групп составляют 4:1:2 и 1:2,5:1,5.

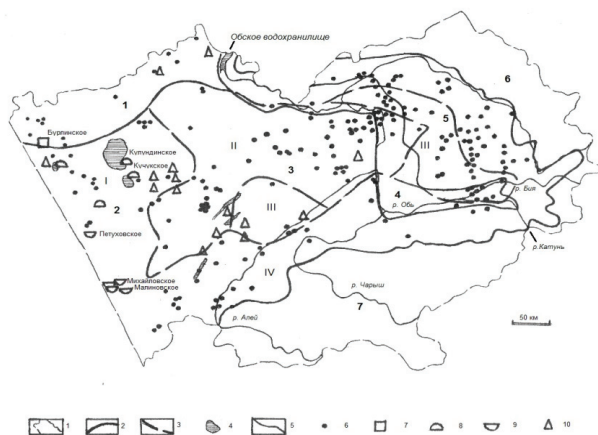


Рис. 1. Схема структурных ситуаций и фактологическая основа гидрогеологических наблюдений в пределах Алтайского края: 1 – границы Алтайского края; 2 – границы геоморфологических районов (1 – Каменского вала, 2 – Кулундинской низменности, 3 – Приобской возвышенности, 4 – долины р. Оби, 5 – Обь-Чумышской возвышенности, 6 – Салаирского кряжа, 7 – Алтайских гор); 3 – контуры структурных террас Кулундинской тектонической впадины (I – Центрально-Кулундинской, II – Барнаульской, III – Бийской, IV – Рубцовской); 4 – озера и водохранилища; 5 – реки; 6 – гидрогеологические скважины, материалы по которым использованы в представленном аналитическом обзоре; 7–9 – месторождения солей (по ведущему минеральному составу): 7 – каменной (NaCl), 8 – мирабилита (Na₂SO₄), 9 – соды (Na₂CO₃); 10 – участки минерализованных (столовых и лечебных) вод

Структура размещения монокомпонентных гидрохимических типов подземных вод. Подземные воды *четвертичного гидрогеологического комплекса* характерны для предгорий Алтая и Салаира (рис. 2). Основные гидрохимические поля анионного типа представлены двумя крупными очагами гидрокарбонатных вод. Одно поле занимает водораздельное пространство Приобской возвышенности, второе отвечает восточным склонам Обь-Чумышской возвышенности в причумышской позиции и в районе группы Горьких озер в левобережной части р. Алей. Здесь на воды гидрокарбонатного типа последовательно наложены крупные ореолы сульфатных и хлоридных вод. При этом размещение основных катионных компонентов не согласуется по пространственным особенностям размещения анионных разностей. Кальциевые воды занимают обширное поле в левобережной части р. Чумыш на северо-востоке Обь-Чумышской возвышенности. Натриевые воды приурочены к западной окраине четвертичных отложений, где они перекрывают неогеновые осадки. Группируются в три крупных ореола. Первый отвечает средней части долины р. Бурлы, второй – Мостовской озерной группе, наиболее крупный – южный – соответствует территории развития больших Горьких озер.

Магниево-натриевые воды примыкают с востока к ореолу натриевых вод района Бурлы, накладываясь на него отдельными пятнами. Но наиболее значимая площадь их распространения соответствует ореолу натриевых вод юга этого района, где особенно характерны поликомпонентные гидрохимические поля.

Воды *неогенового гидрогеологического комплекса* характеризуются сложными композициями гидрохимических типов по их анионному составу (рис. 3).

Гидрокарбонатные ореолы обособляются в виде крупных пятен в приосевой части Обь-Чумышской возвышенности. Они пространственно приурочены к Бийской структурной террасе мезо-кайнозойской Кулундинской тектонической впадины, наложенной на протерозойско-палеозойский фундамент Западно-Сибирской плиты [8]. Самая крупная зона гидрокарбонатных вод образует широкую (около 100 км) меридиональную полосу в левобережье Оби, соответствующую восточной части Приобской возвышенности и предгорьям Алтая. Еще один крупный ореол гидрокарбонатных вод расположен на северо-западе Алтайского края в зоне Каменского вала.

Сульфатные воды приурочены главным образом к двум структурным позициям: северо-западной зоне алтайских предгорий, где имеются два ореола, разделенных полосой пресных вод, и к упомянутой выше зоне Каменского вала.

Наконец, воды хлоридного типа развиты на большей части крупного северо-западного ореола минерализованных вод, в пределах которого обособлена площадь развития исключительно хлоридных вод, особенно по периферии оз. Большое Яровое. Поликомпонентные, со значительным участием хлоридных воды соответствуют всему описываемому северо-западному ореолу.

Общая позиция вод анионного состава неогенового комплекса явно согласуется с пространственными контурами Барнаульской структурной террасы.

Многокомпонентные кальциевые воды тяготеют к правобережью Оби.

Выделяются две основные позиции доминирования собственно натриевых вод. Наиболее крупное поле занимает северо-западную часть территории, от прикаменных геоморфологических структур до кулундинских озер. Средняя часть этого гидрохимического поля, имеющего здесь меридиональную ориентировку, представлена магниево-натриевыми водами и сменяется к востоку и югу водами магниевого состава. В свою очередь, этот структурный рисунок усложняется наличием пятен магниево-кальциевого состава.

Второй комплексный ореол вод анионного характера отвечает приалейской географической позиции левобережья р. Оби. При доминировании вод натриевого типа здесь выделяются наложенные крупные очаги магниево-натриевого и кальциево-магниево-

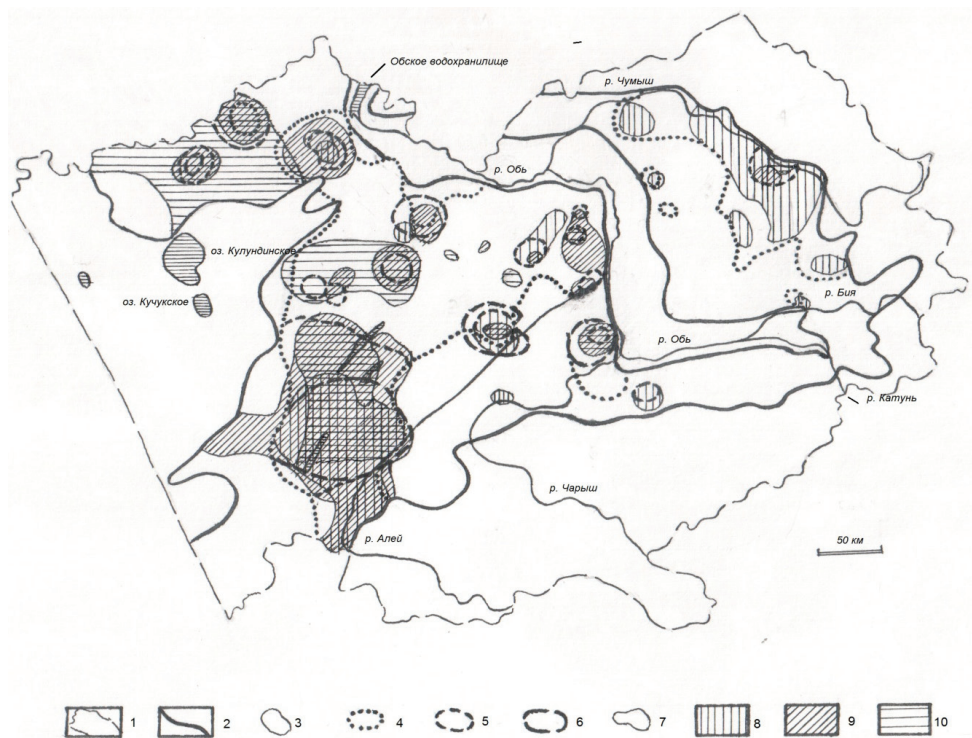


Рис. 2. Гидрохимическая схема четвертичного гидрогеологического комплекса Алтайского края:
 1 – границы Алтайского края; 2 – границы распространения заглавного гидрогеологического комплекса и его важнейших генетических типов (только для вод четвертичных отложений); 3 – озера и водохранилища;
 4–6 – контуры анионных гидрохимических компонентов соответствующего химического состава:
 4 – гидрокарбонатного, 5 – сульфатного, 6 – хлоридного; 7 – границы катионных гидрохимических полей следующего элементарного состава: 8 – кальциевого, 9 – магниевого, 10 – натриевого

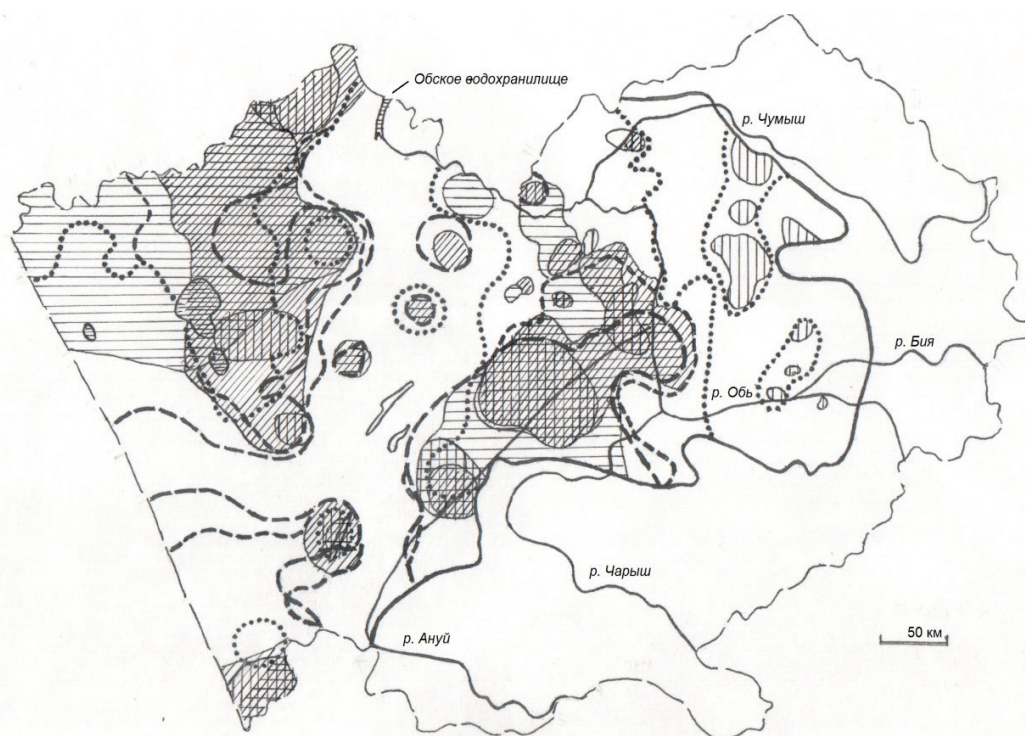


Рис. 3. Гидрохимическая схема неогенового гидрогеологического комплекса Алтайского края.
 Условные обозначения см. на рис. 2

натриевого состава, с оторочкой из магниевых вод на северо-востоке.

Воды палеогенового гидрогеологического комплекса существенно различаются по характеру размещения и анионных, и катионных их типов, фиксируемых в виде разрозненных мелких и разнородных по составу пятен [6; 7].

Структура размещения комплексных гидрохимических катионно-анионных типов подземных вод. Для четвертичного комплекса подземных вод пространственное размещение кальциево-гидрокарбонатной ассоциации характеризуется резко отличным образом для Обь-Чумышской и Приобской возвышенностей. В первом случае этот тип вод занимает более половины всего минерализованного поля. Во втором крупнейшее поле этого гидрохимического типа вмещает преимущественно разрозненные вкрапления кальциевых вод, за исключением южной части, где гидрокарбонатно-кальциевые воды образуют крупный обособленный ореол. Происходит последовательное преобразование его во все более сложно комбинированный кальциево-магниевый и кальциево-магнезио-натриевый гидрохимический состав.

Воды анионного сульфатного и хлоридного состава часто характеризуются общностью пространственного распространения. Чаще они приурочены к полям распространения вод натриевых полей. В пределах западной полосы развития минерализованных подземных вод четвертичного комплекса выделяются три крупных подобных ореола: северо-западный, срединный и южный. В первых случаях на натриевом фоне выделяются пятна сульфатно-хлоридного и хлоридного состава. Наиболее крупный южный ореол отличается комбинированным катионным (кальций-магний-натриевым) характером и практически полным заполнением всей этой площади сульфатными, менее хлоридными анионными водами.

Определяющими системами структуры подземных вод неогенового гидрогеологического комплекса являются три основные площади распространения сульфатно-хлоридных вод. Они образуют два массива на северо-западе и в южной левобережной части р. Оби, разделенных широким «проливом». Третья подобная площадь приурочена к юго-западной части и отделена бессульфатно-бесхлоридными лентами от упомянутых масс.

Северо-западная часть района разделяется на западную треть, где распространены исключительно хлоридные воды, и сульфатно-хлоридное поле вод на востоке. Характерно, что в западной части первого гидрохимического поля присутствует единственный в регионе крупный монокомпонентный хлоридный ореол. На южной площади распространения сульфатно-хлоридных вод совмещены крупные, преимущественно комплексные катионные воды натрий-магний-кальциевого состава. То есть они

четко индивидуализированы по своим качественным характеристикам.

В целом наибольшее развитие в регионе минерализованных вод приходится на неогеновый гидрогеологический комплекс. Четвертичный комплекс более сложен по строению, но общая минерализация его явно уступает неогеновому. Палеогеновый комплекс менее минерализован, а главное – менее развит. Неправомерен и нередко постулируемый вывод о зависимости солености подземных вод района от морских осадков, поскольку наибольшие концентрации солевых компонентов в регионе накладываются на поля развития континентальных отложений соответствующего возраста.

Возможности прогнозирования локализации районов соленакпления и критериев выявления минерализованных вод. Структурирование гидрохимических полей с принятых позиций представляется достаточно эффективным элементом прогнозирования. Это одна из важных соленосных провинций России, где давно осуществлялась эксплуатация месторождений поваренной соли, мирабилита и соды и имеется значительный потенциал разнообразных минерализованных вод бальнеологического значения [9; 10]. В преобладающей части это соли натрия, представленные его хлоридными, сульфатными и карбонатными производными, при подчиненном значении солей кальция и магния. Особенно привлекательны ситуации совмещения натриевых вод с водами повышенных концентраций хлора. Примечательно, что подобное «чистое» (натриево-хлоридное) гидрохимическое поле в регионе приурочено к северо-западной окраине рассматриваемых структур. И именно здесь мы имеем все основные выявленные до настоящего времени наиболее перспективные объекты «каменной» соли (NaCl) – Бурлинское, Малое и Большое Яровые и Ключевское месторождения.

Отлична от указанной обстановки гидрохимическая ситуация в пределах основных концентраций главных мирабилитовых озер региона – Кучукского и Кулундинского. И именно здесь наблюдается совмещение подземных неогеновых вод натриевого и сульфатного состава при подчиненной роли хлоридной составляющей. В этой обстановке отсутствует гидрокарбонатная составляющая минерализованных вод, что, на наш взгляд, подтверждает выводы Н.М. Страхова [11] о специфике формирования сульфатного класса солей лишь при полном отсутствии Na_2CO_3 .

Наконец, обстановки выявленных и эксплуатируемых в районе месторождений соды резко отличны от указанных. Здесь нет натриевых вод повышенных концентраций, и гидрохимическая обстановка определяется кислотными анионами – как сульфатами, так и хлоридами. Содовые озера характеризуются отношением растворенных солей $\text{Na}_2\text{CO}_3/$

NaCl+Na₂SO₄+Na₂CO₃ около 50%. Данные критерии не универсальны, но представляются полезными при прогнозировании соответствующих солевых концентратов.

Библиографический список

1. Артамохина В.В., Бейром С.Г., Нуднер В.А., Розин А.А., Самсонов Г.Л. Подземные воды. Минеральные, термальные воды и лечебные грязи // Геология СССР. Т. XIV. Западная Сибирь. Полезные ископаемые. Кн. 2. – М., 1982.
2. Никольская Ю.П. Процессы солеобразования в озерах и водах Кулундинской степи. – Новосибирск, 1961.
3. Филатов К.В. Особенности химического состава подземных вод Алтайского края и их связь с поверхностными водами. – М., 1961.
4. Акуленко Ю.Н., Бивалькевич В.И. Проблемы орошения земель равнинного Алтая. – Барнаул, 1995.
5. Магальяс О.Л. Геохимическая зональность подземных вод водоносных комплексов Алтайского края // Известия АлтГУ. – 2010. – Вып. 3.
6. Комлев А.Е. Анионный состав подземных вод Алтайского края // Известия АлтГУ. – 2010. – Вып. 3/2.
7. Комлев А.Е. Катионный состав подземных вод Алтайского края // Известия АлтГУ. – 2011. – Вып. 3/1.
8. Адаменко О.М. Предалтайская впадина и проблемы формирования предгорных опусканий. – Новосибирск, 1976.
9. Дым Л.С. Минеральные лечебные ресурсы Алтайского края // Природно-ресурсный и экологический потенциал Сибири. – Барнаул, 2010.
10. Сычев И.И. Неметаллические полезные ископаемые. Химическое сырье. Минеральные соли // Геология СССР. Т. XIV. Западная Сибирь. Полезные ископаемые. Кн. 2. – М., 1982.
11. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. – М., 1962. – Т. 3.