

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА
2016, № 1

«Нарзан-2015»

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

УДК 556.314 (234.853)

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННЫХ ВОД ЮЖНОГО УРАЛА

R.F. АБДРАХМАНОВ¹, V.G. ПОПОВ²

¹Институт геологии Уфимского научного центра РАН
470000, Россия г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/2; e-mail: hydro@ufaras.ru

²Южно-Российский государственный политехнический университет
(Новочеркасский политехнический институт) им. М.И. Платова
346428, Россия, Ростовская обл., г. Новочеркаск, ул. Просвещения, 132; e-mail: popovvg@novoch.ru

Проанализированы данные по химическому и газовому составу подземных вод глубоких горизонтов главных тектонических структур Урала. Показано, что распределение подземных вод по величине минерализации и вещественному составу подчинено нормальной вертикальной гидрогеохимической зональности. В осадочных, метаморфических и вулканогенно-осадочных комплексах палеозоя и позднего протерозоя на глубинах 3–5 км установлены рассолы хлоркальциевого типа, происхождение которых связывается с процессами седиментогенеза в талассогенных бассейнах различной солёности и последующей метаморфизации в породах за счёт эпигенетических процессов.

Ключевые слова: глубинные подземные воды; Южный Урал; гидрогеохимическая зональность; природные рассолы.

GEOCHEMICAL FEATURES OF GROUNDWATER IN THE SOUTH URALS

R.F. АБДРАХМАНОВ¹, V.G. ПОПОВ²

¹Institute of Geology of Ufa Science Centre of Russian Academy of Sciences
470000, Russia, Ufa, Karl Marks street, 16/2; e-mail: hydro@ufaras.ru

²Platov South-Russian State Polytechnic University (Novocherkassk Polytechnic Institute)
346428, Russia, Rostov region, Novocherkassk, Prosvescheniya street, 132; e-mail: popovvg@novoch.ru

This paper gives an analysis and generalization of the data on groundwater chemical and gas composition, located deep in the largest tectonic structures of the Urals. The distribution of groundwaters by the degree of mineralization and composition is subjected to the normal vertical hydrogeochemical zonation. Calcium chloride brines are found in the Paleozoic and Late Proterozoic sedimentary, metamorphic and volcano-sedimentary complexes at a depth of 3–5 km. Their origin is associated with sedimentation processes occurred in talassogenic basins with different salinity gradients and with subsequent metamorphism of the surrounding rocks due to the epigenetic processes.

Key words: deep groundwater; South Urals; hydrogeochemical zoning; natural brines.

Геохимия подземных вод и газов (флюидогеохимия) глубоких зон земной коры горноскладчательных областей является одним из новых теоретических направлений гидрогеохимии. Издавна утверждались представления об орогенных областях в целом, и Урале, в частности, как о гидрогеологически открытых структурах, в которых доминирующее развитие получили пресные воды, формирующиеся под воздействием гипергенных факторов. Ниже зоны экзогенной трещиноватости монолитные образования считались флюидоупорными за исключением локальных зон разломов, по которым осуществляется разгрузка напорных вод обычно с невысокой минерализацией (M). И только в последние десятилетия в результате бурения глубоких скважин получены данные, свидетельствующие, что горные страны, в том числе древнейшие беломорские и карельские (Украинская, Балтийская и др.), древние байкальские, каледонские и герцинские (Казахская, Уральская, Донецкая и др.) в гидрогеологическом отношении не являются однозональными структурами [2–5]. Заключённые в их недрах газово-жидкие флюиды имеют не только широтную и высотную геохимическую поясность, но и вертикальную зональность.

Южный Урал в геолого-структурном отношении представлен тремя крупными меридионально вытянутыми мегазонами с присущими им специфическими гидрогеологическими и гидрогеохимическими особенностями [7]: Западно-Уральской зоной складчатости, Центрально-Уральским поднятием и Магнитогорским мегасинклиниорием (рис. 1).

Западно-Уральская мегазона сложена субплатформенными преимущественно карбонатными формациями (до 3 км) карбона и девона. В гидрогеологическом отношении — это адартезианский бассейн (ААБ), являющийся краевой частью Волго-Уральского артезианского бассейна (АБ). В нём под зоной кислородно-азотных пресных $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ вод мощностью 300–400 м до глубин 600–800 м распространены азотные солёные $\text{Cl}\text{-Na}$ воды, дериватами которых являются приуроченные к зоне надвига Тереклинские, Ташастинские и Аскинские минеральные источники с повышенной M (до 3 г/дм³), T (до 11 °C), концентрациями Rn (925 Бк/дм³) и радиогенного He , на 1–2 порядка превышающими фоновые значения ($5 \cdot 10^{-5}$ мл/дм³). Местами среди $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ вод встречаются содовые $\text{HCO}_3\text{-Na}$ воды, генетически связанные с миграцией вод из Предуральского прогиба, где они формируются в терригенных пермских формациях за счёт обменно-адсорбционным процессов.

Глубже, до 1200 м, в карбоне залегают инфильтратогенные сероводородно-азотные $\text{Cl}\text{-Na}$ рассолы с M до 250 г/дм³, величиной $r\text{Na}/r\text{Cl}$ около 1, низкими концентрациями Br^- (< 40 мг/дм³, Cl/Br

до 4000). Представителями их являются воды Красноусольского гидроминерального месторождения, связанного с надвигом, контролирующим границу Урала и Предуральского прогиба. Под ними в франко-турнейских отложениях скважинами 4 Иштугановской, 18 Мурадымовской, 2 и 4 Архлатышской площадей на глубинах 686–2690 м обнаружены азотно-метановые $\text{Cl}\text{-Ca}\text{-Na}$ рассолы с $M > 200$ г/дм³, высокой метаморфизацией ($r\text{Na}/r\text{Cl}$ 0,53–0,56, CaCl_2 до 41 %), низкой сульфатностью ($r\text{SO}_4$ 100/ $r\text{Cl}$ 0,16–0,37). Ассоциирующая с ними нефть, судя по невысокой плотности (0,86 г/см³), не претерпела существенных гипергенных изменений. Геохимические данные позво-

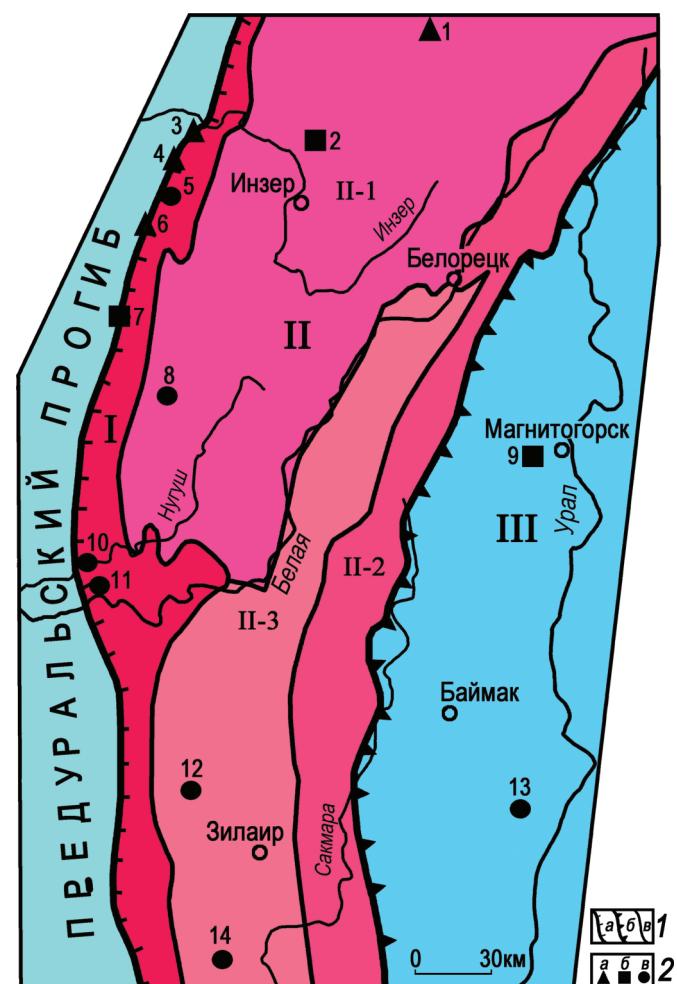


Рис. 1. Схема тектонического районирования Южного Урала и расположения пунктов геохимического опробования глубинных флюидов [7]: 1 – границы: а – Предуральского прогиба и Западно-Уральской внешней зоны складчатости (I), б – Центрально-Уральского поднятия (II) и Магнитогорского мегасинклиниория (III), в – структур Центрально-Уральского поднятия (II-1 – Башкирский мегантеклиниорий, II-2 – Уралтауский мегантеклиниорий, II-3 – Зилаирский сингеклиниорий); 2 – пункты гидрогеохимического опробования: а – минеральные источники (1 – Катав-Ивановские, 3 – Ташастинские, 4 – Ташастинские, 6 – Аскинские); б – гидроминеральные месторождения (2 – Ассинское, 7 – Красноусольское, 9 – Мулдаракульское); в – скважины нефтеразведочных площадей (5 – Архлатышская, 10 – Мурадымовская, 11 – Иштугановская, 12 – Асташская, 13 – Уральская, 14 – Сакмарская), 8 – Кулгунинская параметрическая скважина

ляют Cl-Ca рассолы Западного Урала геохимически и генетически идентифицировать с рассолами нефтеносных пластов девона Волго-Уральской области. Они имеют седиментогенно-эпигенетическое происхождение и образовались в результате процессов метасоматической доломитизации известняков под воздействием Cl-Mg рассолов лагунно-морских палеобассейнов палеозоя [1].

Центрально-Уральская мегазона — наиболее крупная структура герцинского Урала, в составе которой обособляются структуры второго порядка — Башкирский и Уралтауский антиклиниории, Зилаирский синклиниорий, сложенные метаосадочными толщами рифея и палеозоя мощностью > 10 км. Подземные воды заключены главным образом в зоне региональной экзогенной трещиноватости интрузивных и метаморфических массивов мощностью < 150 м. Наблюдается тесная геохимическая связь катионного состава гидрокарбонатных вод с вещественным составом вмещающих силикатных метаосадочных пород.

Глубинные воды зоны катагенеза вскрыты в Зилаирском синклиниории на Асташской площади (рис. 2). Здесь скважинами 2 и 6 на глубинах 2,2–2,8 км в каменноугольных карбонатных породах под экранирующими надвиговыми дислокациями обнаружены в разной степени метаморфизованные ($r\text{Na}/r\text{Cl}$ 0,4–0,8) Cl-Na-Са воды с M 14–43 г/дм³, концентрациями Br^- 44, Γ^- 2,5 мг/дм³. В газовом составе вод преобладает CH_4 (до 98 %); дебит его в скважинах до 10 тыс. м³/сут. Такой же состав газов характерен и для расположенной к югу Сакмарской площади, где из зилаирской свиты по-

лучен приток газированной воды с пленкой нефти. Это указывает на восстановительный характер геохимической среды и гидрогеологическую закрытость глубоких частей палеозойского разреза синклиниория, обеспечивающих сохранение седиментогенных рассолов и скоплений УВ газов.

Глубинное инжекционное происхождение имеют Ассинское гидроминеральное месторождение и Катав-Ивановские источники в Инзерском синклиниории. Воды азотные, иногда содержат H_2S (до 2 мг/дм³), SO_4^2- -Cl-Na, Cl-Na и -Ca-Na состава с M до 20 г/дм³, T до 15 °C, pH 6,7–7,0, Eh +20...+40 мВ [1]. Формирование минеральных вод связано с процессами смешения инфильтратогенных вод зоны гипергенеза с талассогенными рассолами, выдавливаемыми под влиянием гидростатических сил и геостатического давления из терригенных пород зильмердакской свиты рифея, выполняющей погруженные части синклиниория.

Глубина формирования питающих источники струй, определенная с использованием геотермических данных, составляет около 1000 м. На глубинную природу вод указывают и высокие концентрации Не (до 0,1 мл/дм³), имеющего тесные корреляционные связи с физико-химическими параметрами водной среды: прямые — с Cl-ионом, M и T , обратную — с величиной Eh. Это, с одной стороны, свидетельствует о разбавлении термальных глубинных рассолов, формирующихся в восстановительной геохимической обстановке, холодными пресными кислородсодержащими водами, а с другой — о совместной миграции с глубины Не и подземных вод в виде единого газово-жидкого флюида [6].

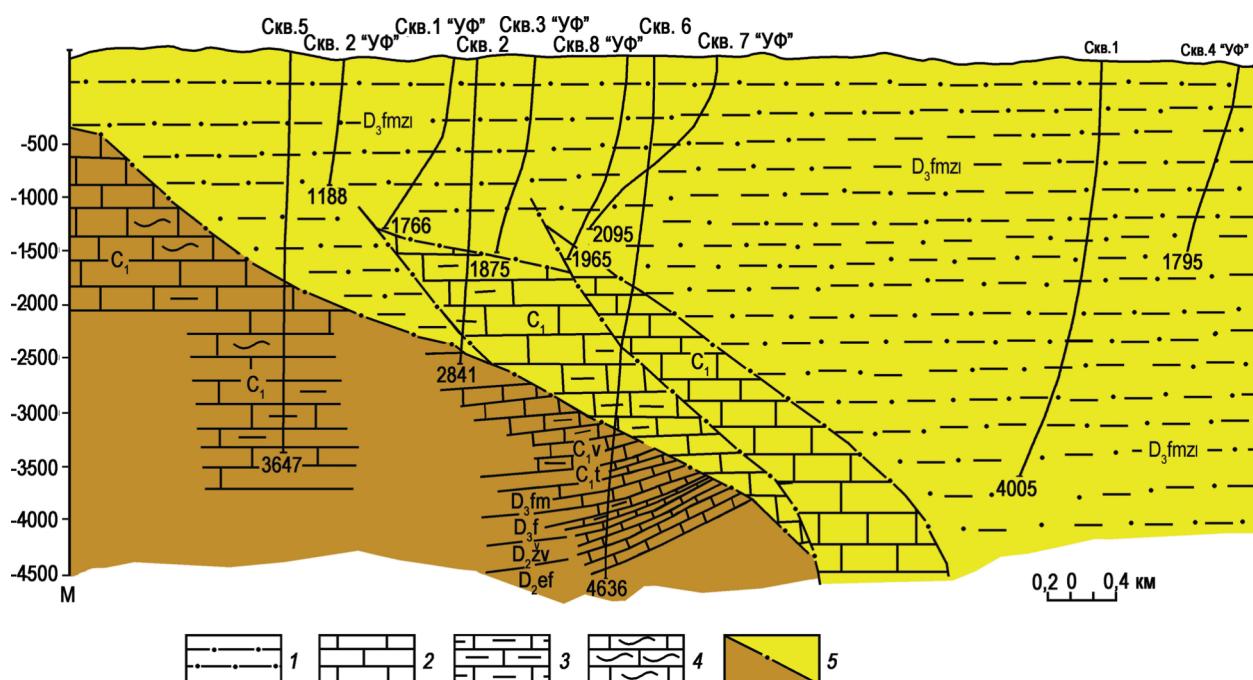


Рис. 2. Геологический разрез Асташской площади Зилаирского синклиниория [1]: 1 — песчаники, аргиллиты, алевролиты, 2 — известняки, 3 — известняки с прослойями мергелей, 4 — окремнёвые известняки, 5 — линии надвигов

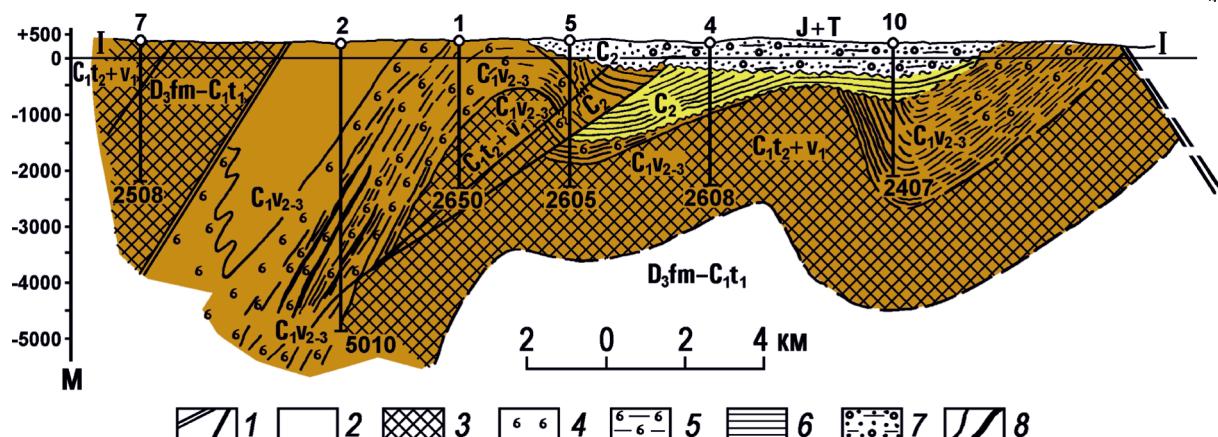


Рис. 3. Геологический разрез Кизильской зоны [1]: 1 – тектонические нарушения; 2 – рифогенные тела; 3 – осадочно-магматические породы; 4 – карбонатные органогенные и органогенно-детритовые породы турбулентного режима; 5 – органогенные и органогенно-детритовые породы турбулентного режима; 6 – глинисто-карбонатные и терригенные породы депрессионной фации; 7 – терригенные породы; 8 – межпластовые интрузии

Иные в геохимическом отношении воды были обнаружены на глубинах 940 и 3215–3218 м параметрической скважине 1 Кулгунинской площади в сильно метаморфизованных карбонатно-терригенных породах рифея. Состав вод $\text{Cl}-\text{HCO}_3-\text{Na}$, M 1,2 и 11,3 г/дм³. Они относятся к содовому типу (содержание NaHCO_3 до 61 %) и отличаются очень высокой щелочностью (HCO_3 до 3200 мг/л), что много больше, чем в инфильтратогенных водах зоны гипергенеза ($\text{HCO}_3 < 200$ мг/л). Природа выявленного гидрогеохимического феномена, судя по всему, связана с сохранением в древних толщах Урала реликтов метаморфогенных и возрождённых вод, эмигрировавших из глинистых пород при их дегидратации на стадиях апокатагенеза и метагенеза.

Специфической особенностью Магнитогорской мегазоны является широкое развитие вулканогенных и вулканогенно-осадочных образований палеозоя (эффузивов, туфов, туфобрекций, туфопесчанников), слагающих гидрогеологические интермассивы и адмассивы. Подчиненное значение имеют интрузивные и метаморфические массивы, сложенные гранитами, порфиритами, диабазами, пегматитами, и внутриструктурные карстовые бассейны. О геохимических условиях флюидов глубоких частей недр можно судить по результатам опробования скважин Уральской нефтеразведочной площади и Мулдаккульского гидроминерального месторождения, находящихся в Кизильской структурно-фациальной зоне [1].

На Уральском профиле (рис. 3) из автохтонной части разреза нижнего карбона (скв. 2, 4) с глубин 2,0–3,9 км выведены метановые рассолы $\text{Cl}-\text{Na}-\text{Ca}$ состава с M 70 г/дм³, с концентрацией Br^- 51,8 мг/дм³. Несмотря на очевидное разбавление рассолов буровым раствором, их седиментогенная природа очевидна (Cl/Br 196, $r\text{Na}/r\text{Cl}$ 0,4–0,6, CaCl_2 31–44 %). С рассолами ассоциируют-

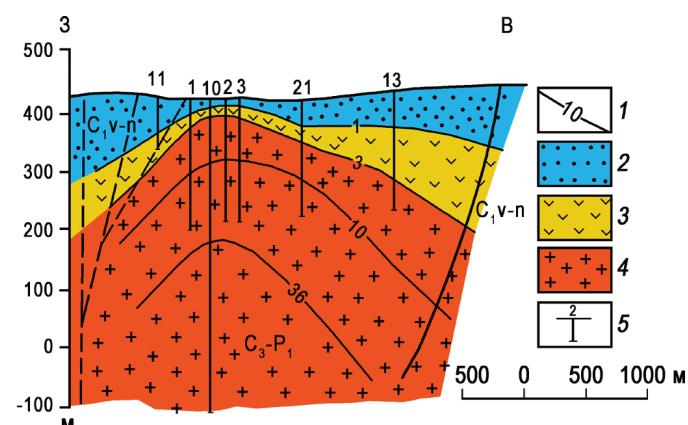


Рис. 4. Гидрогеохимический разрез в районе оз. Мулдаккуль [1]: 1 – изолинии M воды (г/дм³); 2–4 – гидрогеохимические зоны: 2 – гидрокарбонатная, 3 – сульфатно-хлоридная, 4 – хлоридная; 5 – скважина и её номер

ся нефте-, газо- и битумопроявления, свидетельствующие о возможной нефтегазоносности недр.

На Мулдаккульском гидроминеральном месторождении инжекционного типа в песчаниках янгельской свиты ($C_3-\text{P}_1$) обнаружены азотные $\text{Cl}-\text{Ca}-\text{Na}$ и $\text{SO}_4-\text{Cl}-\text{Mg}-\text{Na}-\text{Ca}$ воды с M до 40 г/дм³, с содержанием CaCl_2 до 80 % [1]. Они залегают на глубине 100–500 м в ядре куполовидной гидрогеохимической аномалии (рис. 4), приуроченной к зоне разлома, по которому происходит восходящая разгрузка формационных рассолов $\text{Cl}-\text{Ca}$ типа из нижнекаменноугольных отложений. На это указывают высокие концентрации He (до 10^{-2} мл/дм³), наличие Br^- (до 34 мг/дм³) и I^- (до 2 мг/дм³), а также изотопный состав H и O воды: $D\%$ –101...–78, $^{18}\text{O}\%$ –11...–13.

На рудных месторождениях (Подольском, Теченском, Естюнинском и др.) на глубинах 0,78–1,24 км в эфузивной формации девона установлены солёные $\text{Cl}-\text{Na}$ и $-\text{Ca}-\text{Na}$ воды хлормагниевого и хлоркальциевого типов с M 3–9 г/дм³. Воды имеют геохимический облик талассогенных

растворов, в разной степени изменённых за счёт эпигенетических процессов. Относительно невысокая М вод объясняется разбавлением седиментогенных вод, проникших в рудовмещающие эфузивы из окружающих осадочных пород, метеогенными водами в неотектонический этап развития Урала.

Выполненные исследования позволяют констатировать, что на Южном Урале распределение газово-жидких флюидов различного вещественного состава на глубинах до 5000 м подчинено нормальной геохимической зональности, принадлежащей к категории фундаментальных свойств земной коры и являющейся одним из главных законов существования воды в недрах Земли. Кислородно-азотные маломинерализованные гидрокарбонатные воды зоны гипергенеза, формирующиеся

под влиянием гидролитических процессов в эндогенных алюмосиликатах, на глубинах > 500–1000 м сменяются азотными солёными Cl-Na водами, а на глубинах > 2000–3000 м — метановыми рассолами Cl-Ca типа, содержащими спектр галофильных и биофильных микроэлементов. Рассолы связаны с осадочными, метаосадочными и вулканогенно-осадочными толщами палеозоя и позднего протерозоя, которые в силу надвигового аллохтонного строения оказались тектонически и литологически экранированными от воздействия гипергенных факторов. В своём большинстве рассолы являются продуктом седиментогенеза в талассогенных палеобассейнах различной солёности и последующей метаморфизации в породах за счёт эпигенетических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г. Геохимия и формирование подземных вод Южного Урала. Уфа: Гилем, 2010. 420 с.
2. Зайцев И.К. Гидрохимия СССР. М.: Недра, 1980. 239 с.
3. Кирюхин В.А., Никитина Н.Б., Судариков С.М. Гидрохимия складчатых областей. Л.: Недра, 1989. 253 с.
4. Колодий В.В., Кудельский А.В. Гидрогеология горных стран, смежных прогибов и впадин. Киев: Наук. думка, 1972. 204 с.
5. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2004. 677 с.
6. Попов В.Г., Егоров Н.Н. Гелиевые исследования в гидрогеологии. М.: Наука, 1990. 168 с.
7. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

УДК 504.064; 556.3

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОМИНЕРАЛЬНОЙ БАЗЫ КУРОРТА КИСЛОВОДСК

A.V. МАЛКОВ¹, И.М. ПЕРШИН², И.С. ПОМЕЛЯЙКО¹

¹Общество с ограниченной ответственностью ООО «Нарзан-гидроресурсы», 357700, Россия, г. Кисловодск, ул. Кирова, д. 43, e-mail: irinapomelyko@rambler.ru

²Северо-Кавказский федеральный университет, 357500, Россия, г. Пятигорск, просп. 40 лет Октября, 56, e-mail: ivmp@yandex.ru

Анализ данных гидрогеологического мониторинга за 50 лет позволяет утверждать, что экологическую ситуацию в районе Кисловодского месторождения минеральных вод следует рассматривать как близкую к критической. Это выражается в накоплении загрязняющих веществ в педосфере, бактериологическом загрязнении валанжинских горизонтов в краевой (южной) части месторождения, ростом динамических уровней, падением кондидий минеральных вод рабочих горизонтов, содержащих нарзаны. Основные причины негативного воздействия на экологическую ситуацию — это особенности ландшафта, способствующие накоплению загрязняющих веществ в педосфере и формирующие потенциальные источники загрязнения, рост атмосферных осадков, приводящих к падению кондидий минеральных вод Кисловодского месторождения, стоки из неканализованных посёлков и утечки из сетей (в том числе и канализационных). Проанализированы гидрогеодинамического и гидрохимического режимы эксплуатации Кисловодского месторождения, даны рекомендации по повышению качественных показателей основного источника месторождения «Нарзан».

Ключевые слова: Кисловодское месторождение минеральных вод; режимы эксплуатации; динамика минерального состава; динамика уровней подземных вод; дренажные сооружения; качество минеральных вод.