

УДК 556

DOI: 10.46698/o8018-1168-4921-I

Оригинальная статья

Оценка качества и степени защищённости подземных вод г. Владикавказа

Е.А. Зубков^{1,2}, Р.Р. Гогичев¹, Тигиева З.В.¹

¹ Геофизический институт Владикавказского научного центра РАН,
Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а;

² Институт водных проблем Российской академии наук,
Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, 3, e-mail: nauka-geo@mail.ru

Статья поступила: 02.04.2024, доработана: 30.05.2024, принята к публикации: 31.05.2024

Резюме: Актуальность работы. В статье представлены результаты комплексных исследований используемых для питьевых целей подземных вод Промышленного района г. Владикавказа, где имеется опасность их техногенного загрязнения в процессе инфильтрации загрязняющих веществ с отвалов предприятия «Электроцинк», а также в результате постоянного увеличения их водоотбора. Полученные в ходе работы данные дадут научно обоснованные предпосылки для разработки фактических рекомендаций, направленных на сохранение естественного качества подземных вод при угрозе внешнего загрязнения. **Целью работы** является получение информации по качеству и степени защищённости подземных вод водозаборных сооружений г. Владикавказа: Заводской участок, участок «Северный», ООО «Дарьял» и ООО «Агрофирма Фат». **Методы.** Исследованы такие параметры гидрохимического состава подземных вод, как общая минерализация, жесткость, водородный показатель, перманганатная окисляемость (ХПК), содержание главных ионов, фтора, нитратов, марганца, железа общего, алюминия, стронция и хрома. Выявлены особенности химического состава и проведена общая оценка качества подземных вод, а также получены данные для определения степени защищённости эксплуатируемого водоносного горизонта от внешних источников загрязнения. **Результат работы.** С 2000-х гг. наблюдается увеличение минерализации, содержания хлорид-ионов и нитрат-ионов, показателя жесткости подземных вод, который в несколько раз превысил нормативы ПДК, что свидетельствует о техногенном влиянии на подземную гидросферу, в результате чего происходит частичное ухудшение качества отбираемой воды. Другие исследуемые компоненты содержатся в подземных водах в допустимых количествах. Как показал анализ имеющихся гидрохимических данных, несмотря на повышенные показатели жесткости, подземные воды характеризуются как условно чистые (1-я категория качества), по степени устойчивости к техногенному воздействию – устойчивое состояние. По степени защищённости, подземные воды эксплуатируемого Акчагыл-Апшеронского водоносного комплекса на территории Промышленного района г. Владикавказа, могут рассматриваться как защищенные (V категория защищённости по В. М. Гольдбергу).

Ключевые слова: качество и защищённость подземных вод, водозаборные сооружения, горно-перерабатывающая промышленность, техногенное влияние, гидрохимический состав, Промышленный район г. Владикавказа.

Для цитирования: Зубков Е.А., Гогичев Р.Р., Тигиева З.В. Оценка качества и степени защищённости подземных вод г. Владикавказа. *Геология и геофизика Юга России*. 2024. 14(3): 163-173. DOI: 10.46698/o8018-1168-4921-I

DOI: 10.46698/o8018-1168-4921-I

Original paper

Assessment of quality and degree of protection for groundwater in Vladikavkaz city

E.A. Zubkov^{1,2}, R.R. Gogichev¹, Tigieva Z.V.¹

¹ Geophysical Institute, Vladikavkaz Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, 93a Markova Str., Vladikavkaz 362002, Russian Federation;

² Water problems Institute, Russian Academy of Sciences, 3 Gubkina Str., Moscow 119333, Russian Federation, e-mail: nauka-geo@mail.ru

Received: 02.04.2024, revised: 30.05.2024, accepted: 31.05.2024

Abstract: Relevance. The article presents the results of complex research of groundwater used for drinking purposes in the Promyshlenniy area of Vladikavkaz, where there is a danger of their anthropogenic pollution in the process of infiltration of pollutants from the dumps of the enterprise “Electrozinc”, as well as a constant increase in their water withdrawal. The data obtained in the course of the work will give scientifically grounded prerequisites for the development of actual recommendations aimed at preserving the natural quality of groundwater from external pollution. **Aim** of the work is to obtain information on the quality and degree of protection for groundwater of water intake facilities of Vladikavkaz: Zavodskoy site, site “Severny”, “Daryal” and “Agrofirma Fat”. **Methods.** Such parameters of hydrochemical composition of groundwater as total mineralization, hardness, hydrogen index, permanganate oxidizability (COD), content of major ions, fluorine, nitrates, manganese, total iron, aluminium, strontium and chromium were investigated. Peculiarities of chemical composition were identified and general assessment of groundwater quality was carried out, and data were obtained to determine the degree of protection of the exploited aquifer from external sources of pollution. **Result.** Since the 2000 s, there has been an increase in mineralisation, chloride ions and nitrate ions content, groundwater hardness index, which exceeded MAC standards several times, which indicates the technogenic impact on the underground hydro-sphere, resulting in partial deterioration of the quality of the withdrawn water. Other investigated components are contained in groundwater in permissible quantities. As the analysis of available hydrochemical data has shown, in spite of increased hardness indicators, groundwater is characterised as conditionally clean (1st quality category), in terms of resistance to anthropogenic impact – steady state. According to the degree of protection, groundwater of the exploited Akchagyl-Apsheron aquifer complex in the Promyshlenniy area of Vladikavkaz can be considered as protected (V category of protection according to V.M. Goldberg).

Keywords: groundwater quality and protection, water intake facilities, mining and processing industry, technogenic impact, hydrochemical composition, the Promyshlenniy area of Vladikavkaz.

For citation: Zubkov E.A., Gogichev R.R., Tigieva Z.V. Assessment of quality and degree of protection for groundwater in Vladikavkaz city. *Geologiya I Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2024. 14(3): 163-173. DOI: 10.46698/o8018-1168-4921-I

Введение

В настоящее время проблема разрушения и восстановления природных и техногенных ландшафтов в районах деятельности предприятий горно-перерабатывающей промышленности остаётся актуальной как в мировом масштабе, так и в России. Изучение закономерностей воздействия техногенных факторов на окружающую среду имеет не только научное, но и практическое значение. Для горно-промышленных районов характерны ухудшение качества как поверхностных, так

и подземных вод, и существенные изменения гидродинамической и гидрохимической обстановки, приводящие к нарушению гидроэкологического равновесия территорий и распространению ареалов техногенного загрязнения. Особое значение приобретают исследования подверженности подземных вод горных ландшафтов различным техногенным воздействиям на территории республики Северная Осетия-Алания, где подземные воды являются единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения населения. Занимая одну из наименьших территорий среди республик Северного Кавказа, Северная Осетия является крупнейшим промышленным и транспортным регионом. Добыча цветных металлов в данном регионе имеет более чем 200-летнюю историю. Здесь находятся старейшие на Северном Кавказе предприятия горно-добывающей промышленности и цветной металлургии [Закруткин, 2002]. На территории республики расположено значительное количество отвалов предприятий переработки руд, оставленных и заброшенных рудников и шахт с многочисленными воронками провалов и отвалами пустых пород на террасных участках и в долинах горных рек. Заметное влияние на изменение регионального гидрохимического и гидродинамического баланса подземных вод имеет всевозрастающая их добыча из Акчагыл-Апшеронского водоносного комплекса Осетинского артезианского бассейна. Такое изменение иногда может быть столь выражено, что воды становятся непригодными или малопригодными для использования [Плотников, Алексеев, 1990]. Особенности глубинного строения региона обуславливают активные геодинамические движения, что еще больше осложняет ситуацию [Shempelev et al., 2017]. Поэтому проблема оценки защищенности эксплуатируемых подземных вод республики от истощения и загрязнения становится все актуальнее. Вместе с тем подземные воды выступают в роли источника и переносчика загрязнения поверхностных вод, обуславливая снижение качества последних [Katz et al., 1997]. К сожалению, такой важный аспект, как массоперенос загрязняющих веществ потоком подземных вод, как правило, не учитывается при оценке и прогнозе экологического состояния водоемов и прибрежных областей [Bartsev et al., 2016].

В черте г. Владикавказа значительные объемы отходов горно-перерабатывающей промышленности сконцентрированы на территории завода «Электроцинк». Загрязнение окружающей среды, вызванное заводом, является самой большой экологической проблемой в регионе [Khapsaeva, 2020]. В результате работы цинкового производства за более чем 100 лет на полигонах предприятия скопилось более 2 миллионов тонн отвального клинкера. Этот процесс можно сравнить с формированием техногенного месторождения. По данным [Магомедов и др., 2010] технологические процессы на предприятии сопровождаются выбросами вредных веществ 31 наименования. Поэтому в природных водах могут содержаться соли жесткости, ионы тяжелых металлов и другие токсичные вещества [Shaheen et al., 2019]. В настоящее время, встающие вопросы эффективного и целесообразного, с эколого-экономической точки зрения, способа ликвидации накопленного экологического вреда в районах деятельности рудоперерабатывающих предприятий, остаются нерешенными [Kuznetsov, Petrov, 2017; Matveeva et al., 2019]. Ранее проведенные многолетние исследования подтвердили возможность негативного влияния техногенных отвалов предприятия «Электроцинк» и увеличения водоотбора на качество подземных вод в этом районе [Джгамадзе, Заалишвили, 2010; Пашенко, 2014; Гогичев, Дзеранов, 2017; Дзеранов и др., 2017; Зубков и др., 2023].

Район работ, материалы и методы

Исследуемый водоносный горизонт относится к Акчагыл-Апшеронскому водоносному комплексу напорных вод, приуроченному к терригенным отложениям свиты рухсдзуар Осетинского артезианского бассейна. Комплекс представлен переслаиванием гравийно-галечников и конгломератов с песчанистыми глинами. Пьезометрическая поверхность водоносного комплекса устанавливается на глубине 106 м ниже поверхности.

В соответствии с принятым гидрогеологическим районированием Осетинская наклонная равнина (Владикавказская котловина) расположена на территории Крымско-Кавказской провинции сложных бассейнов пластово-блоковых, жильно-блоковых подземных вод, являющейся структурой I порядка [Заалишвили и др., 2013, 2016; Музаев и др., 2016]. Ресурсы подземных вод формируются в областях выходов водопроницаемых пород на дневную поверхность. Общее направление движения подземных вод совпадает с направлением течения реки Терек. Часть подземного стока из четвертичных отложений надпойменных террас разгружается в реку Терек в виде многочисленных родников [Магометов и др., 2010].

Для определения воздействия накопленных отвалов клинкера предприятия «Электроцинк» на подземные воды г. Владикавказа в качестве основного реперного участка исследований выбран Заводской участок подземных вод. Водозабор располагается на восточной окраине п. Заводского Промышленного муниципального округа г. Владикавказа в 4 км ниже по направлению движения подземных вод от промышленной площадки предприятия ОАО «Электроцинк». Также проанализированы данные химических анализов подземных вод по водозаборам: участок «Северный», ООО «Дарьял», Агрофирма «ФАТ».

На начальном этапе работ выполнен сбор опубликованных и фондовых материалов по объекту исследования в ФГУ «Территориальные фонды геологической информации» и других организациях. Анализ и систематизации подлежали все первичные по изучаемой территории данные, взятые из паспортов буровых скважин, журналов отбора проб, геологических отчетов.

Исследованы такие параметры гидрохимического состава подземных вод, как общая минерализация, жесткость, водородный показатель, перманганатная окисляемость (ХПК), содержание главных ионов, фтора, нитратов, марганца, железа общего, алюминия, стронция и хрома. В связи с тем, что подземные воды республики повсеместно используются в питьевых и хозяйственно-бытовых целях, оценка качества выполнена с применением соответствующих нормативов ПДК согласно Постановлению Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (вместе с «СанПиН 1.2.3685-21. Санитарные правила и нормы...»).

Для определения степени трансформации гидрохимического состава подземных вод важным является определение степени защищенности водоносного горизонта от внешних загрязнителей, поступающих с поверхности и верхних грунтовых горизонтов. Оценка степени естественной защищенности водоносного горизонта подземных вод северной части г. Владикавказа проводилась по методике В.М. Гольдберга. Данная методика позволяет дать качественную оценку защищенности подземных вод какого-либо региона без учета характеристик техногенных факторов и

физико-химических свойств конкретных загрязнителей. Защищенность подземных вод выражается в баллах, отражающих условия залегания вод, мощности слабопроницаемых отложений и их литологический состав. По сумме баллов выделяют шесть категорий защищенности: I – 0-56, II – 5-106, III – 10-156, IV – 15-206, V – 20-256, VI – >256. Наименьшей защищенностью характеризуются условия, соответствующие категории I, наибольшей – категории VI [Гольдберг, 1987].

Результаты и обсуждение

Среднемноголетняя минерализация подземных вод Заводского водозабора с 1976 по 2008 гг. составляла около 300 мг/дм³ и, как правило, не превышала 400 мг/дм³, однако с 2008 г. наблюдается значительное увеличение показателя минерализации до 700–1000 мг/дм³; на участках водозаборов «Северный» и «Дарьял» минерализация подземных вод составляет 600–800 мг/дм³, на участке Агрофирма «ФАТ» превышает нормативные значения ПДК в 1,4–1,5 раза.

Значения показателей рН и окисляемости перманганатной (ХПК), допустимых норм содержания ионов NO₃⁻ и Cl⁻ не превышают норму за весь исследованный период. Режимные наблюдения показали, что амплитуда колебания ионов NO₃⁻ в подземных водах Заводского водозабора до 2003 г. варьирует в пределах 1–3 мг/дм³. С 2003–2004 гг. наблюдается скачкообразное увеличение концентрации ионов NO₃⁻ с амплитудами до 20 мг/дм³. На протяжении всего периода наблюдений фиксируется постоянное увеличение концентрации ионов Cl⁻ с 10 до 70 мг/дм³ с наиболее выраженными пиками с 2008 г. Многолетняя амплитуда колебания содержания ионов NO₃⁻ и Cl⁻ соответствует изменениям показателя общей минерализации, что может свидетельствовать о нарушении геологической обстановки в районе проведения исследований, приведшем к существенному изменению гидрогеохимического баланса подземных вод на данной территории. Концентрации ионов SO₄²⁻, Mg²⁺, а также суммарно Na⁺+K⁺ соответствуют нормам. ПДК ионов HCO₃⁻ и Ca²⁺ нормативом СанПиН 1.2.3685-21 не установлены. Концентрация ионов Mn²⁺ и F⁻ находится в пределах допустимых для питьевых вод норм. С конца 1990-х гг. наблюдается снижение содержания фтора в подземных водах с 0,5–0,9 мг/дм³ до 0,1–0,2 мг/дм³. В подземных водах исследованных водозаборов содержания алюминия, стронция, а также хрома, за исключением подземных вод на участке водозабора агрофирмы «ФАТ» (1,2–1,8 ПДК), не превышают норм СанПиН 1.2.3685-21. Превышение содержания железа общего (1,0–2,1 ПДК) отмечено на водозаборах ООО «Дарьял», участок «Северный», Агрофирма «ФАТ».

В работах [Пашенко, 2014; Гогичев, Дзеранов, 2017] отмечено заметное увеличение жесткости подземных вод в северной (промышленной) части города Владикавказа. В северо-восточной части Владикавказа до середины 80-х годов XX века качество подземных вод соответствовало стандартам питьевой воды. Жесткость воды составляла 4–6 мг-экв/дм³. Однако с 2008 года наблюдается значительное увеличение общей жесткости воды с 4–7 до 12–19 мг-экв/дм³. В других частях г. Владикавказа таких резких изменений качества подземных вод не отмечалось [Гогичев, Дзеранов, 2017; Зубков и др., 2023].

Ионный состав подземных вод в северной части Владикавказа разнообразен. Для наглядной иллюстрации гидрохимического типа вод и уровня минерализации используется формула Курлова. По характеру минерализации подземные воды можно подразделить на следующие основные типы: сульфатно-гидрокарбонатный,

гидрокарбонатно-сульфатный и гидрокарбонатный тип кальциевого катионного состава [Зубков и др., 2023] (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Гидрохимический тип подземных вод исследованных водозаборов на территории г. Владикавказа / Hydrochemical type of groundwater of the studied water intakes on the territory of Vladikavkaz

Водозабор / Water intake	Псевдоформула Курлова / Kurlov 's formula	Гидрохимический тип подземных вод / Hydrochemical type of groundwater
Заводской участок / Zavodskoy site	$M_{0,8} = \frac{(HCO_3)_{33}(SO_4)_{14}(Cl)_{6,5}}{(Ca)_{38,3}(Mg)_{6,9}(Na + K)_{5,8}}$	Сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый / Sulfate-bicarbonate calcium
Участок «Северный» / site «Severny»	$M_{0,6} = \frac{(HCO_3)_{38,4}(SO_4)_{6,2}(Cl)_{3,8}}{(Ca)_{37,7}(Mg)_{11}(Na + K)_3}$	Гидрокарбонатный кальциевый / Calcium Bicarbonate
ООО «Дарьял» / LLC «Daryal»	$M_{0,7} = \frac{(HCO_3)_{23,6}(SO_4)_{20,6}(Cl)_{4,9}}{(Ca)_{38,3}(Mg)_{6,9}(Na + K)_{5,7}}$	Сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый / Sulfate-bicarbonate calcium
ООО Агрофирма «ФАТ» / LLC Agrofirma «FAT»	$M_{1,4} = \frac{(SO_4)_{23,5}(HCO_3)_{19,4}(Cl)_{6,2}}{(Ca)_{38,3}(Mg)_{6,9}(Na + K)_{5,8}}$	Гидрокарбонатно-сульфатный кальциевый / Bicarbonate-sulfate calcium

Анионная часть подземных вод в большинстве случаев характеризуется преобладанием гидрокарбонат-ионов (HCO_3^-), что является типичным для данного региона. Следующее место по распространённости принадлежит сульфат-ионам (SO_4^{2-}). Наибольшие содержания сульфатов обнаружены в подземных водах водозаборных сооружений Агрофирмы «ФАТ». Среди катионов, во всех наблюдаемых точках, преобладает Ca^{2+} , средние содержания которого превосходят соответствующие количества Mg^{2+} в 6–9 раз.

Для интегральной оценки качества подземных вод применялась методика, описанная в работах [Белоусова, 2001; Склярченко, Закруткин, 2019]. Она основана на расчёте суммарного коэффициента загрязнения вод исследуемых участков (СКЗ) по формуле: $СКЗ = \sum Ci/ПДК_i$, где C_i – концентрация загрязняющего вещества, а $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация этого вещества.

Кроме того, в соответствии с данной методикой, классификация степени загрязнения воды может быть переведена в классификацию гидрохимической устойчивости [Белоусова, 2001], что позволяет оценить внутренне присущую системе (подземным водам) способность противостоять техногенным воздействиям.

Как показал анализ имеющихся гидрохимических данных, несмотря на повышенные показатели жесткости, подземные воды всех исследованных водозаборов характеризуются как условно чистые (1-я категория качества), по степени устойчивости – устойчивое состояние [Зубков и др., 2023].

Взаимосвязь подземной части гидросферы и других компонентов окружающей среды и возможность ее загрязнения через них характеризуется степенью защищенности подземных вод от загрязнения [Белоусова и др., 2014]. В силу природных факторов фильтрация загрязняющих веществ с поверхности земли в подземные воды возможна практически всегда. Поэтому подземные воды, как правило, характеризуются невысокой степенью защищенности. Данные лабораторных ис-

следований подземных вод водозаборов, расположенных вблизи отвалов предприятия «Электроцинк» и в направлении движения потока подземных вод, указывают на изменение гидрогеохимической ситуации по ряду макро- и микроэлементов с конца 1990-х годов и начала 2000-х годов.

Защищённость подземных вод определяется природными, техногенными и физико-химическими факторами. Основные из них – это природные факторы, такие как глубина залегания подземных вод, фильтрационные характеристики пород зоны аэрации и наличие слабопроницаемых, трещиноватых пород в разрезе. Качественная оценка условий защищенности подземных вод в общем случае дается на основе четырех показателей зоны аэрации: глубины залегания уровня подземных вод; строения и литологии пород; мощности слабопроницаемых отложений в разрезе; фильтрационных свойств пород и прежде всего слабопроницаемых отложений [Гольдберг, 1987].

По материалам (Отчет о результатах разведки Заводского участка (г. Владикавказ) с подсчетом запасов пресных подземных вод по состоянию на 01.04.2013 г. Исполнитель: ООО «Гидро-плюс», г. Владикавказ, 2013. 96 с.) для определения степени защищенности подземных вод от загрязнения приняты следующие усредненные гидрогеологические параметры эксплуатационного водоносного горизонта по участкам Агрофирма «ФАТ» и Заводского водозабора: мощность зоны аэрации – 114 м (5 баллов), мощность слабопроницаемых пород в зоне аэрации – 40 м, литологический тип пород – б (18 баллов). Основными водовмещающими породами являются: валунно-галечниковые отложения с песчаным и глинистым заполнителем, с прослоями конгломератов, глин песчанистых и глин плотных (рис. 1).

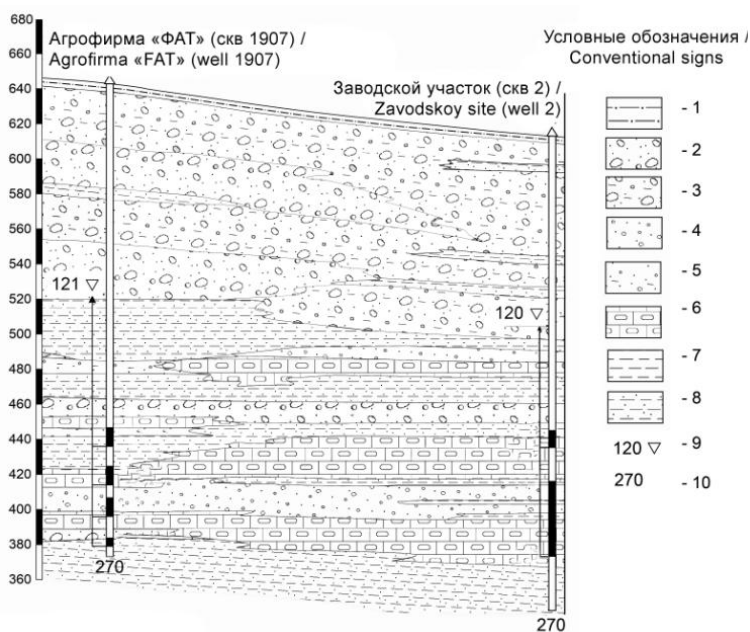


Рис. 1. Геолого-гидрогеологический разрез по линии «Заводской водозабор – Агрофирма «ФАТ»:
1 – суглинок; 2 – валунно-галечниковые отложения с песчаным заполнителем; 3 – валунно-галечниковые отложения с песчано-глинистым заполнителем; 4 – гравийно-галечниковые отложения с песчаным заполнителем; 5 – гравийно-галечниковые отложения с песчано-глинистым заполнителем; 6 – конгломераты; 7 – глина плотная; 8 – глина песчанистая; 9 – пьезометрический уровень подземных вод, м; 10 – глубина скважины, м /

Fig. 1. Geological and hydrogeological section along the line «Zavodskoy vodozabor – Agrofirm «FAT»:
1 – loam; 2 – boulder-pebble deposits with sandy aggregate; 3 – boulder-pebble deposits with sand-clay aggregate; 4 – gravel-pebble deposits with sand aggregate; 5 – gravel-pebble deposits with sand-clay aggregate; 6 – conglomerates; 7 – dense clay; 8 – sandy clay; 9 – piezometric groundwater level, m; 10 – depth, m

Защищённым водоносным горизонтом считается тот, который набирает в сумме 10 баллов и более, то есть относится к III категории и выше по классификации В. М. Гольдберга. С учётом суммы баллов рассматриваемый водоносный горизонт можно отнести к V категории защищённости. Так как выполняется условие, что сумма баллов составляет не менее 10, этот водоносный горизонт можно считать защищённым.

Выводы

Наиболее высокие концентрации химических компонентов, в том числе превышающие нормативы ПДК (железо общее, хром), характерны для подземных вод, добываемых на участке водозабора Агрофирмы «ФАТ», расположенном на расстоянии менее 2-х километров по направлению движения потока подземных вод от площадки складирования отвалов предприятия ОАО «Электроцинк».

Для РСО-Алания наибольшую опасность по загрязнённости подземных вод исследуемых водозаборов представляют соединения железа и хрома иона. В то же время качество подземных вод водоносного горизонта Промышленного района г. Владикавказа по основным показателям содержания макро- и микрокомпонентов отвечает требованиям СанПиН 1.2.3685-21 к воде хозяйственно-питьевого назначения.

Таким образом, несмотря на повышенные показатели жесткости, подземные воды всех исследованных водозаборов характеризуются как условно чистые (1-я категория качества), по степени устойчивости – устойчивое состояние.

По степени защищённости, подземные воды эксплуатируемого Акчагыл-Апшеронского водоносного комплекса на территории Промышленного района г. Владикавказа, могут рассматриваться как защищённые (V категория защищённости по В.М. Гольдбергу).

На примере трансформации гидрохимического состава эксплуатируемых подземных вод на территории Промышленного района г. Владикавказа полученные результаты позволят усовершенствовать существующие модели деформации природной геологической среды, связанные с горнопромышленным освоением территорий, а также оптимизировать структуру и содержание природоохранных программ для реабилитации техногенно нарушенных экосистем в условиях постоянно меняющейся техногенной нагрузки.

Литература

1. Белоусова А.П., Агеева И.В., Руденко Е.Э. Оценка защищённости подземных вод юга европейской части России. // Водные ресурсы. – 2014. – № 2. – С. 131–141.
2. Белоусова А.П. Качество подземных вод: Современные подходы к оценке. М.: Наука, 2001. – 339 с.
3. Гогичев Р.Р., Дзеранов Б.В. Изменение качественных характеристик подземных вод Осетинского артезианского бассейна. // Геология и геофизика Юга России. – 2017. – № 4. – С. 5–20. DOI: 10.23671/VNC.2017.4.9522.
4. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 248 с.
5. Джгамадзе А. К., Заалишвили В. Б. Ухудшение качества подземных вод в связи с техногенным воздействием на территории г. Владикавказа. // Вестник МАНЭБ. – 2010. – Т. 15. № 4. – С. 26–31.

6. Дзеранов Б.В., Гогичев Р.Р., Джусоева Н.Г. Использование ГИС-технологий при оценке качества подземных вод республики Северная Осетия-Алания. // Геология и геофизика Юга России. – 2017. – № 3. – С. 40–56. DOI: 10.23671/VNC.2017.3.9504.

7. Заалишвили В.Б., Чотчаев Х.О., Бурдзиева О.Г., Гогичев Р.Р. Перспективы развития и использования глубинных гидротермальных и петротермальных очагов в горной части Северной Осетии. // Материалы II Международной научно-практической конференции «GEOENERGY». – 2016. – С. 116–130.

8. Заалишвили В.Б., Колесникова А.Ф., Джгамадзе А.К. Геолого-тектонические особенности Моздокской впадины Терско-Кумского прогиба и территории г. Моздока. // В сборнике: Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе. – 2013. – С. 133–139.

9. Закруткин В.Е. Геохимия ландшафта и техногенез. Ростов-на-Дону: Изд. СКНЦ ВШ, 2002. – 308 с.

10. Зубков Е.А., Бурдзиева О.Г., Гогичев Р.Р., Закс Т.В. // Геоэкологическая оценка качества грунтовых вод водозаборных сооружений г. Владикавказа. // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2023. – Т. 8. № 4(34). – С. 39–45.

11. Магомедов А.А., Макоев Х.Х., Кебалова Л.А., Топоркова Т.Н. Проблемы создания санитарно-защитной зоны в районе ОАО «Электроцинк» и ОАО «Победит». Владикавказ: СОГУ, 2010. – 106 с.

12. Музаев И.Д., Харебов К.С., Музаев Н.И. Математическая модель, алгоритм и программа для проектирования селективных водозаборных систем. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2016. – № 1(186). – С. 84–90.

13. Пащенко А.А. Влияние добычи подземных вод из акчагыл-апшеронского водоносного комплекса Осетинского артезианского бассейна на их качество. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2014. – № 6. – С. 117–122.

14. Плотников Н.А., Алексеев В.С. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод. М.: Стройиздат, 1990. – 256 с.

15. Складенко Г.Ю., Закруткин В.Е. Подземные воды Ростовской области: факторы загрязнения и оценка качества. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2019. – № 4. – С. 98–103.

16. Khapsaeva D.V. Activity of Industrial Enterprises as a Social Risk Factor (on the Example of JSC Electrozin). // In: Proceedings of the International Session on Factors of Regional Extensive Development (FRED 2019). – 2020. – Vol. 113. – Irkutsk: Atlantis Press. 589 p.

17. Bartsev O.B., Nikanorov A.M., Zubkov E.A., Gar'kusha D.N. Assessment of groundwater impact on water quality in the built-up areas at the Lower Don Russian. // Meteorology and Hydrology. – 2016. – Vol. 41. No. 7. – pp. 504–512.

18. Katz B.G., DeHan R.S., Hirten J.J., Catches J.S. Interactions between groundwater and surface water in the Suwannee river basin, Florida. // Journal of the American water resources association. – 1997. – Vol. 33. No. 6. – pp. 1237–1254.

19. Kuznetsov V.S., Petrov D.S. Assessing the Environmental Condition of Minor Rivers in Urban Areas. // Journal of Ecological Engineering. – 2017. – Vol. 18. Issue 6 – pp. 110–114. DOI: 10.12911/22998993/7622117.

20. Matveeva V.A., Chukaeva M.A., Sverchkov I.P. Low-cost sorption technologies for large-tonnage wastewater treatment in mining industries. // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1384. 012028. DOI: 10.1088/1742-6596/1384/1/012028.

21. Shaheen F.A., Raed H., Nidal H. Reverse osmosis pretreatment technologies and future trends: A comprehensive review. // Desalination. – 2019. Vol. 452. – pp. 159–195.

22. Shempelev A.G., Zaalishvili V.B., Kukhmazov S.U. Deep Structure of the Western Part of the Central Caucasus from Geophysical Data. // Geotectonics. – 2017. – Vol. 51. No. 5. – pp. 479–488.

References

1. Belousova A.P., Ageeva I.V., Rudenko E.E. Assessment of groundwater protection in the south of the European part of Russia. *Water Resources*. 2014. No. 2. pp. 131–141. (In Russ.)
2. Belousova A.P. Groundwater quality: Modern approaches to assessment. Moscow. Nauka. 2001. 339 p. (In Russ.)
3. Gogichev R.R., Dzeranov B.V. Changes in the quality characteristics of groundwater of the Ossetian artesian basin. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2017. No. 4. pp. 5–20. DOI: 10.23671/VNC.2017.4.9522. (In Russ.)
4. Goldberg V.M. Interrelation of groundwater pollution and natural environment. Leningrad. *Gidrometeoizdat*. 1987. 248 p. (In Russ.)
5. Dzhgamadze A.K., Zaalishvili V.B. Deterioration of groundwater quality in connection with technogenic impact on the territory of Vladikavkaz. *Vestnik of IAELPS*. 2010. Vol. 15. No. 4. pp. 26–31. (In Russ.)
6. Dzeranov B.V., Gogichev R.R., Dzhuseva N.G. Use of GIS-technologies in the assessment of groundwater quality in the Republic of North Ossetia-Alania. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2017. No. 3. pp. 40–56. DOI: 10.23671/VNC.2017.3.9504. (In Russ.)
7. Zaalishvili V.B., Chotchaev H.O., Burdzieva O.G., Gogichev R.R. Prospects for the development and use of deep hydrothermal and petrothermal sources in the mountainous part of North Ossetia. In: *Proceedings II International Scientific and practical Conference “GEOENERGY”*. 2016. pp. 116–130. (In Russ.)
8. Zaalishvili V.B., Kolesnikova A.F., Dzhgamadze A.K. Geological and tectonic features of the Mozdok depression of the Tersko-Kuma trough and the territory of Mozdok. In: *Proceedings of Seismic hazard and seismic risk management in the Caucasus*. 2013. pp. 133–139. (In Russ.)
9. Zakrutkin V.E. *Geochemistry of landscape and technogenesis*. Rostov-on-Don. SKNTs VS Publishing House. 2002. 308 p. (In Russ.)
10. Zubkov E.A., Burdzieva O.G., Gogichev R.R., Zaks T.V. Geocological assessment of groundwater quality of water intake structures of Vladikavkaz. *Grozny Natural Science Bulletin*. 2023. Vol. 8. No. 4(34). pp. 39–45. (In Russ.)
11. Magometov A.A., Makoev Kh.Kh., Kebalova L.A., Toporkova T.N. Problems of creating a sanitary protection zone in the area of JSC “Electrozinc” and JSC “Pobedit”. *Vladikavkaz. NOSU*. 2010. 106 p. (In Russ.)
12. Muzayev I.D., Kharebov K.S., Muzayev N.I. Mathematical model, algorithm and program for the design of selective water intake systems. *Bulletin of higher educational institutions. North Caucasus region. Technical sciences*. 2016. No. 1(186). pp. 84–90. (In Russ.)
13. Pashchenko A.A. Impact of groundwater extraction from the Akchagyl-Apsheron aquifer complex of the Ossetian artesian basin on their quality. *Bulletin of higher educational institutions. North Caucasus region. Technical sciences*. 2014. No. 6. pp. 117–122. (In Russ.)
14. Plotnikov N.A., Alekseev V.S. *Design and operation of groundwater intakes*. Moscow. *Stroyizdat*. 1990. 256 p. (In Russ.)
15. Sklyarenko G.Yu., Zakrutkin V.E. Groundwater of Rostov region: pollution factors and quality assessment. *Bulletin of higher educational institutions. North Caucasus region. Natural sciences*. 2019. No. 4. pp. 98–103. (In Russ.)
16. Khapsaeva D.V. Activity of Industrial Enterprises as a Social Risk Factor (on the Example of JSC ElectroZinc). In: *Proceedings of the International Session on Factors of Regional Extensive Development (FRED 2019)*. 2020. Vol. 113. Irkutsk. Atlantis Press. 589 p.
17. Bartsev O.B., Nikanorov A.M., Zubkov E.A., Gar’kusha D.N. Assessment of groundwater impact on water quality in the built-up areas at the Lower Don Russian. *Meteorology and Hydrology*. 2016. Vol. 41. No. 7. pp. 504–512.
18. Katz B.G., DeHan R.S., Hirten J.J., Catches J.S. Interactions between groundwater and surface water in the Suwannee River basin, Florida. *Journal of the American water resources association*. 1997. Vol. 33. No. 6. pp. 1237–1254.

19. Kuznetsov V.S., Petrov D.S. Assessing the Environmental Condition of Minor Rivers in Urban Areas. *Journal of Ecological Engineering*. 2017. Vol. 18. Issue 6. pp. 110–114. DOI: 10.12911/22998993/7622117.

20. Matveeva V.A., Chukaeva M.A., Sverchkov I.P. Low-cost sorption technologies for large-tonnage wastewater treatment in mining industries. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. Vol. 1384. 012028. DOI: 10.1088/1742-6596/1384/1/012028.

21. Shaheen F.A., Raed H., Nidal H. Reverse osmosis pretreatment technologies and future trends: A comprehensive review. *Desalination*. 2019. Vol. 452. pp. 159–195.

22. Shempelev A.G., Zaalishvili V.B., Kukhmazov S.U. Deep Structure of the Western Part of the Central Caucasus from Geophysical Data. *Geotectonics*. 2017. Vol. 51. No. 5. pp. 479–488.