

УДК 556.34

DOI: [10.46698/VNC.2020.45.55.004](https://doi.org/10.46698/VNC.2020.45.55.004)

Оригинальная статья

Гидрогеохимические особенности Северо-Осетинского артезианского бассейна

А. К. Джгамадзе^{ID}, Р. Р. Гогичев^{ID}

Геофизический институт Владикавказского научного центра Российской академии наук, Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: avtandil51@mail.ru

Статья поступила: 16.03.2020, доработана: 01.06.2020, одобрена в печать: 05.06.2020

Резюме: Актуальность работы. Проблема загрязнения питьевых вод является очень актуальной для урбанизированных территорий планеты. Подземные воды Северо-Осетинского артезианского бассейна сегодня являются одним из основных источников, обеспечивающих население Республики пресной водой. Вместе с тем подземные воды бассейна уязвимы, мало защищены от техногенного воздействия. Наличие на территории РСО-Алания предприятий горнопромышленного, металлургического и др. производств негативно сказывается на качестве подземных вод. В статье рассматривается его современное состояние. **Цель работы** – изучение техногенного воздействия на подземные воды, использование подземных вод Северо-Осетинского артезианского бассейна, его гидрогеохимические показатели. **Методы исследования.** Гидрологические и гидрохимические исследования водоносного комплекса, проведенные за последние десятилетия в гидрогеологических скважинах, которые были пробурены с целью водоснабжения населения и промышленных предприятий столицы республики, показывают, что качество подземных вод соответствует требованиям, предъявляемым к питьевой воде. **Результаты работ.** Изменение качества артезианских вод бассейна происходит под влиянием интенсивности их добычи, как непосредственно из бассейна, так и в зоне питания водоносного комплекса. На Редантском месторождении отмечается понижение уровня воды эксплуатируемого водоносного горизонта, а также засорение скважин. Расположение Орджоникидзевского месторождения (выше Редантского) способствует низкому уровню выхода сульфидных вод на поверхность. Высокая интенсивность эксплуатации Орджоникидзевского месторождения приводит к понижению уровня вод в продуктивном водоносном горизонте, который приводит к смешению минеральных вод с водами, в которых имеется высокое содержание солей, от чего меняется ионный состав подземных вод, их оттоку в сторону формирования водоносного комплекса отложений рухсдзуар Северо-Осетинского артезианского бассейна. Также большое влияние на формирование химического состава вод оказывает бессистемная эксплуатация водоносного горизонта в северо-восточной части Владикавказа.

Ключевые слова: артезианский бассейн, рухсдзуар, водоносный горизонт, подземные воды, геолого-гидрогеологический разрез.

Для цитирования: Джгамадзе А.К., Гогичев Р.Р. Гидрогеохимические особенности Северо-Осетинского артезианского бассейна. *Геология и геофизика Юга России*. 2020. 10 (2): 56-70. DOI: 10.46698/VNC.2020.45.55.004.

DOI: [10.46698/VNC.2020.45.55.004](https://doi.org/10.46698/VNC.2020.45.55.004)

Original paper

Hydrogeochemical features of the North Ossetian artesian basin

A. K. Dzhgamadze , R. R. Gogichev 

Geophysical Institute of the Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
93a Markova Str., Vladikavkaz 362002, Russian Federation, e-mail: avtandil51@mail.ru

Received: 16.03.2020, revised: 01.06.2020, accepted: 05.06.2020

Abstract: Relevance. The problem of drinking water is very vulnerable to the urban areas of the planet. Groundwater of the North Ossetian artesian basin today is one of the main sources providing the population of the Republic with fresh water. At the same time, the underground waters of the basin are vulnerable, poorly protected from anthropogenic impact. The presence on the territory of North Ossetia-Alania of mining, metallurgical, and other enterprises negatively affects the quality of groundwater. The article discusses its current state. **The aim of the work** is to study the impact of the ground water use in the North Ossetian artesian basin and its hydrogeochemical parameters. **Methods.** Hydrological and hydrochemical studies conducted in recent years in hydrogeological wells, which were drilled to supply the population and industrial enterprises of the capital in republic show that the quality of groundwater meets the requirements for drinking water. **Results.** The change in the quality of artesian waters of the basin occurs under the influence of the intensity of their extraction, both directly from the basin and in the recharge zone of the aquifer. At the Redant field, a decrease in the level of exploited aquifer is noted. The location of the Ordzhonikidze field (above Redant) contributes to a low level of sulfide water output on the surface. The high intensity of exploitation leads to a decrease in the water level in the productive aquifer, which leads to a mixed content of mineral waters and water in which there is a salt content, which changes the ionic composition of groundwater, and their outflow towards the formation of rukhsdzuar aquifer complexes of the Ossetian artesian basin. Great influence on the chemical composition of water has a patternless exploitation of the aquifer in the north-eastern part of Vladikavkaz.

Keywords: artesian basin, rukhsdzuar, aquifer, groundwater, geological and hydrogeological section.

For citation: Dzhgamadze A. K., Gogichev R. R. Hydrogeochemical features of the North Ossetian artesian basin. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South.* (in Russ.). 2020. 10 (1): 56-70. DOI: 10.46698/VNC.2020.45.55.004.

Введение

К концу двадцатого столетия экологические направления геологии прочно заняли одно из ведущих мест в многочисленных теоретических и прикладных исследованиях, проводимых в рамках наук о Земле. В особой мере это относится к экологической гидрогеологии, призванной выявлять, рационально использовать и охранять наиболее ценный сырьевой ресурс и компонент геологической среды – подземные воды. Достаточно упомянуть здесь защиту качества питьевых водных ресурсов; выявление, оценку и прогноз процессов загрязнения подземных вод, как одного из техногенно – уязвимых компонентов среды, реабилитацию загрязненных подземных вод, в том числе, в районах крупных экологических катастроф [Алборов и др., 2013; Бондырев, Заалишвили, 2003; Бурдзиева, Заалишвили, 2009; Бурдзиева

и др., 2012, 2014; Заалишвили, 1996; Заалишвили, Рогожин, 2010; Заалишвили и др., 2006, 2008, 2010, 2013а, б].

Значительное воздействие на состояние территории и, в целом, на окружающую среду г. Владикавказа оказывает горнодобывающая деятельность. Кроме того, регион относится к сейсмически активным регионам, что увеличивает ожидаемое экологическое воздействие на окружающую среду. При этом необходимо отметить, что город, являясь современной урбанизированной территорией, активно развивается, находя все новые районы, не всегда экологически надежные [Заалишвили, 2014; Заалишвили, Кранцфельд, 2014; Заалишвили и др., 2015; Шемпелев и др., 2017; Baluch, Hashmi, 2019].

На территории Республики Северная Осетия-Алания техногенно-уязвимым компонентом геологической среды являются пресные подземные воды Северо-Осетинского артезианского бассейна. Уязвимость обусловлена недостаточной защищенностью подземных вод и техногенной нагрузкой территории, состояние которой не исключено формируется на уровне нано-размерных частиц загрязнителей [Burdzieva et al., 2016; Grigorkina et al., 2017; Hou Wei et al., 2019; Kozuskanich et al., 2014; Rosca et al., 2020].

Проблема загрязненности водных горизонтов обуславливается подверженностью их значительным антропогенным воздействиям хорошо известным в мире [Hou Wei et al., 2019; Kozuskanich et al., 2014; Rosca et al., 2020]. Особенности глубинного строения региона обуславливают активные геодинамические движения, что еще больше осложняет ситуацию [Шемпелев и др., 2017; Shempelev et al., 2017]. В последние годы идут активные работы по цифровизации инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий с активным использованием ГИС-технологий [Заалишвили и др., 2015; Shempelev et al., 2017]. Разработка единой модели геоинформационной системы городского планирования и интеграции позволит ускорить изучение состояния на основе современных подходов [Zaalishvili et al., 2016, 2018].

Гидрогеологические условия Северо-Осетинской наклонной равнины обусловлены местоположением ее в зоне сочленения структур Большого Кавказа и Терско-Каспийского передового прогиба.

Осетинская наклонная равнина, к которой приурочен одноименный артезианский бассейн, представляет собой глубокую впадину, заполненную валунно-галечниковыми отложениями. Абсолютные отметки равнины колеблются в пределах 800-320 м.

Северо-Осетинский артезианский бассейн сложен толщей рыхлых терригенных отложений от миоцена до современных, подстилаемых пачкой водоупорных пород нижнего и среднего сармата и майкопской серии.

Ресурсы подземных вод формируются в областях выходов водопроницаемых пород на дневную поверхность. Основными источниками питания для водоносных горизонтов (комплексов) являются атмосферные осадки и воды рек, расчленяющих Осетинскую наклонную равнину: Камбилеевки, Терека, Гизельдона, Фиагдона, Ардона, Урсдона, Уруха и др. Водосборная площадь, с которой сливается поверхностный сток во впадину, составляет около 6000 км². Четвертичные аллювиально-флювиогляциальные (селевые) отложения в пределах Северо-Осетинского артезианского бассейна залегают на площади 1500 км².

Северо-Осетинский артезианский бассейн представляет собой огромный резервуар, на 25% выполненный подземными водами. Этот резервуар постоянно

пополняется грунтовыми водами протекающих в аллювиальных отложениях рек. Кроме того, разливающиеся по поверхности равнины речные воды, а также выпадающие атмосферные осадки в довольно значительной части расходуют свой поток на инфильтрацию в крупнопористый песчано-гравийно-галечниковый материал, заполняющий котловину. Этими поступлениями и определяется непрерывное восполнение эксплуатационных ресурсов подземных вод, формирующихся в рыхлых отложениях впадины.

Единственным выходом из Осетинского артезианского бассейна для поверхностных и подземных вод являются «Эльхотовские ворота», пропиленные водами р. Терек в Сунженском (Мало-Кабардинском) хребте.

Гидрогеологические условия города Владикавказ

В гидрогеологическом отношении, достаточно изучены водоносные горизонты четвертичных образований и акчагыл-апшерона (свиты рухсдзуар). Наибольший практический интерес представляют воды аллювиально-флювиогляциальных отложений ниже-верхнеплейстоценового возраста, эксплуатацией которых обеспечивается централизованное водоснабжение населенных пунктов Осетинской наклонной равнины. Ниже приводится характеристика водоносных горизонтов и комплексов, развитых в пределах бассейна (рис. 1).

Водоносный горизонт современных аллювиальных отложений (Q_{IV}) прослеживается в долинах рек и балок в виде узких полос. Водовмещающие породы представлены валунно-галечниковыми отложениями с песчаным заполнителем. Воды пресные (минерализация 0,2–0,5 г/дм³), по химическому составу гидрокарбонатные магниево-кальциевые.

Мощность аллювия в долинах рек составляет от 10 до 40 м (рр. Камбилеевка, Ардон) до 80–180 м (р. Терек у с. Редант). Глубина залегания грунтовых вод колеблется от 0 до 1–2 м. Естественная разгрузка грунтовых вод происходит путем их выклинивания в виде родников или непосредственно в реки. Аллювиальные отложения характеризуются значительной водообильностью ($K_{\phi} = 25–88$ м/сутки).

Воды пресные (минерализация 0,2–0,5 г/дм³), по химическому составу гидрокарбонатные магниево-кальциевые. Горизонт имеет большое практическое значение.

Водоносный горизонт ниже-верхнечетвертичных отложений (afQ_{I-III}) имеет широкое развитие в равнинной части территории артезианского бассейна. Водовмещающей является мощная толща валунно-гравийно-галечниковых отложений с песчаным и песчано-глинистым заполнителем. Питание водоносного горизонта по всей площади распространения четвертичных отложений осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и вод поверхностных водотоков. Естественная разгрузка подземных вод горизонта осуществляется в речную сеть в виде родников, а также путем оттока за пределы бассейна через «Эльхотовские ворота».

По химическому составу воды нерасчлененных ниже-верхнеплейстоценовых отложений гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые, пресные с минерализацией 0,3–0,8 г/дм³.

Согласно работе «Оценка обеспеченности населения Российской Федерации ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения (РСО-Алания)» прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод в районе развития безнапорных подземных вод в отложениях четвертичного возраста Осетинского артезианского бассейна оцениваются в количестве 1211 тыс. м³/сутки.

Воды четвертичных отложений Северо-Осетинского артезианского бассейна являются основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения для городов Беслан, Ардон, Дигора и других населенных пунктов.

Водоносный комплекс плиоцен-эоплейстоценовых (акчагыл-апшеронских) отложений ($N_2^2a-Q_{Eap}$) распространен на северных склонах Лесистого хребта и далее простирается сплошным чехлом под четверичными отложениями и обнажается на южном склоне Сунженского хребта.

Водовмещающими породами свиты рухсдзуар являются валунно-галечниковые отложения с песчаным или песчано-глинистым заполнителем.

Глубина залегания уровня подземных вод уменьшается по мере удаления от южного борта бассейна к северу от 90-130 м (г. Владикавказ) до 10-50 м (г. г. Беслан, Ардон).

Питание водоносного комплекса происходит за счет атмосферных осадков, выпадающих в области выходов отложений акчагыл-апшерона на дневную поверхность.

Подземные воды Северо-Осетинского артезианского бассейна, являющегося основным источником питьевого водоснабжения населенных пунктов, расположенных в пределах равнины, в том числе столицы Республики г. Владикавказа, недостаточно защищены от загрязнения из-за отсутствия в разрезе выдержанных водоупорных слоев. На территории функционируют многочисленные предприятия горнодобывающей, металлургической и перерабатывающей промышленности. Природоохранные мероприятия промышленных предприятий не всегда удовлетворяют требованиям по охране окружающей среды, в том числе водного бассейна территории (подземные воды, поверхностные водотоки), что в итоге может привести к возникновению негативных необратимых процессов.

Тем не менее, за последние 30 лет в подземных водах в юго-восточной части Северо-Осетинского артезианского бассейна произошли серьезные качественные изменения в сторону увеличения содержания некоторых химических компонентов (рис. 2). Конкретно, эти изменения наблюдаются в северной части Промышленного муниципального округа города Владикавказа, где сосредоточены промышленные предприятия, в том числе металлургической промышленности. Подземные воды на этой территории залегают на глубинах от 145 м до 100 м. Вся зона аэрации представлена валунно-галечными образованиями с песчано-глинистым заполнителем, характеризующимися высокими фильтрационными свойствами (коэффициент фильтрации – 10-12 м/сутки). Через эту зону в подземную среду постоянно поступают и мигрируют различные вещества посредством инфильтрации атмосферных осадков, количество которых в разрезе года достигает 1200 мм.

В процессе гидрогеологических исследовательских работ, проведенных за последние 50 лет на территории Республики, гидрогеологи большое внимание уделяли оценке природоохранных мероприятий и разработке рекомендаций, предотвращающих загрязнение и истощение подземных вод (Джгамадзе, 2010, Пащенко, Джгамадзе, 2006, Пащенко, 2007).

По данным гидрохимического опробования водоносного комплекса в отдельных гидрогеологических скважинах, пробуренных в разные годы для водоснабжения населения и промышленных предприятий г. Владикавказа, качество подземных вод соответствовало требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Жесткость воды составляла 4-5 мг-экв/дм³ (норма – 7), а минерализация не превышала 0,5 г/дм³ (норма – до 1 г/дм³) (Пащенко, 2006).

В последние 20 лет отмечено увеличение жесткости воды, достигшей по отдельным водозаборам 18 мг-экв/дм³, при этом минерализация увеличилась до 1,5 г/дм³ (Пашенко, 2007). Тенденция к увеличению жесткости и минерализации подземных вод отмечается с 1991 года, и сохраняется по настоящее время (таблица 1).

На схематической геолого-гидрогеологической карте (рис. 3) приводятся гидрогеологические скважины, функционирующие в северо-восточной части города Владикавказа, по которым зарегистрировано изменение качества подземных вод (Джгмадзе, 2010, Пашенко, Джгмадзе, 2006, Пашенко, 2007). Что касается других частей города, такое резкое изменение качества подземных вод не отмечено. На схематической карте выделен ореол, в пределах которого фиксируется ухудшение качества подземных вод.

Ниже в таблице 1 приводятся водозаборные скважины, функционирующие в пределах Промышленного района г. Владикавказа, по которым систематически отмечается увеличение жесткости воды.

На Заводском скважинном водозаборе, из которого осуществляется снабжение питьевой водой населения пос. Заводской (около 25 тыс. человек) Промыш-

Таблица 1. / Table 1.

Жесткость подземных вод по водозаборным участкам восточной части г. Владикавказ / Groundwater hardness in the water intake areas of the eastern part of Vladikavkaz

№№ п/п / No.	Ведомственная принадлежность и номер скважины / Departmental affiliation and number of well	Время опробования, год / sampling time, year	Жесткость воды, мг-экв/дм ³ / Water hardness, mEq/dm ³
1	2	3	4
	ВМУП «Водоканал» (Заводской в-р) / VMUP «Vodokanal» (Zavodskoi w-i): Скв. №2 / Well No. 2 Скв. №4 / Well No. 4	2009-2010 2017	8,9-11,0 11,2
2.	ООО «Люкс» – скв.№6/2 / ООО «Lyuks» Well No. 6/2	2004-2005 2017	7,9-10,3 12,4
3.	ОАО «ВПБЗ «Дарьял» – скв.№2110 / ОАО «VPBZ «Dar'yal» – Well No. 2110	2004-2008	7,7-9,9
4.	ООО «Форвард» – скв.№79 / ООО «Forvard» – Well No. 79	2007-2008 2014	10,0-11,0 10,0
5.	ЗАО «Ариана» – скв.№1/96 / ЗАО «Ariana» – Well No. 1/96	2006-2008	8,2-8,6
6.	ООО Агрофирма «ФАТ» – скв.№250 / ООО Agrofirma «FAT» – Well No. 250	2006-2009 2014	14,7-18,5 14,4
7.	ОАО «Победит» – скв. №2112 / ОАО «Pobedit» – Well No. 2112	2009-2010	7,0-8,5
8.	ООО «Престиж» скв. №4 / ООО «Prestizh» Well No. 4	2014	12,8

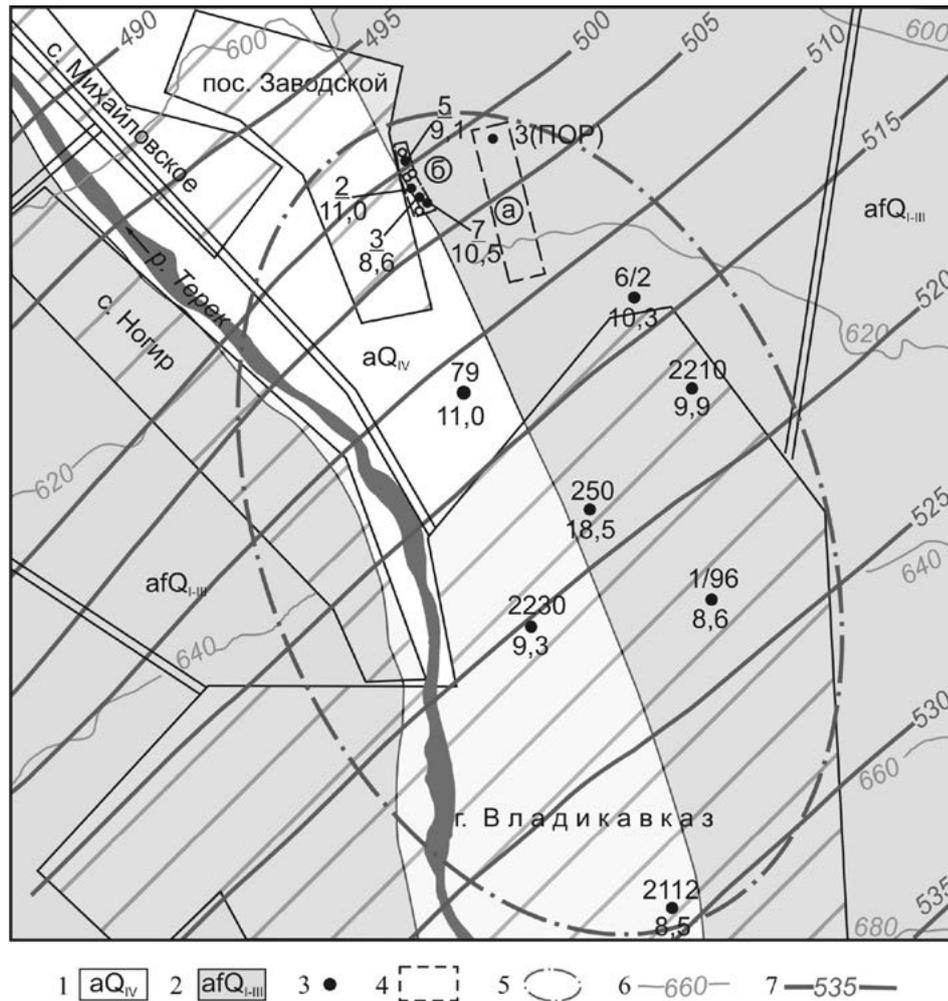


Рис. 3. Схематическая геолого-гидрогеологическая карта северной части г. Владикавказ. Масштаб 1:50000: 1 – аллювиальные отложения современного возраста; 2 – аллювиально-флювиогляциальные нижне-верхнечетвертичные отложения; 3 – скважина: сверху – номер, внизу – жесткость воды, мг-экв/дм³; 4 – участок недр с оцененными эксплуатационными запасами ПВ: а – проектный водозабор для чрезвычайных ситуаций г. Владикавказ № 2, б – Заводской водозабор; 5 – ореол площади с повышенной жесткостью подземных вод; 6 – изолинии поверхности, м; 7 – гидроизопезы водоносного комплекса отложений свиты рукхсдуар и их абсолютные отметки, м. /

Fig. 3. Schematic geological and hydrogeological map of the northern part of the city of Vladikavkaz. Scale 1:50000: 1 – alluvial deposits of modern age; 2 – alluvial-fluvioglacial lower-upper Quaternary deposits; 3 – well: above – number, below – water hardness, mEq / dm³; 4 – subsoil plot with estimated operational reserves of water: a – design water intake for emergency situations in Vladikavkaz No. 2, b – Zavodskoi water intake; 5 – a halo of an area with increased groundwater hardness; 6 – surface isolines, m; 7 – hydroisopies of the aquifer complex of the rukhsdzuar formations deposits and their absolute elevations, m.

ленного района г. Владикавказ, по результатам опробования по окончании бурения (1975–1976 гг.) эксплуатационных скважин жесткость подземных вод выдерживалась в пределах нормы (7 мг-экв/дм³) и составляла 4–5 мг-экв/дм³. Начиная с 1991 года (по данным ведомственного мониторинга) жесткость воды стала увеличиваться и, как видно из приведенной таблицы, в 2010 году она достигла 11,0 мг-экв/дм³ (Джгамадзе, 2010). Такая же картина наблюдается по другим водозаборам указанной территории. Максимальное значение жесткости воды отмечается по

скважине №250 (ООО Агрофирма «ФАТ») – 18,5 мг-экв/дм³, при минерализации воды 1,5 г/дм³ (Пащенко, 2007).

В южной части Северо-Осетинского артезианского бассейна в водоносном комплексе отложений свиты рухсдзуар за рассматриваемый 20-летний период подверглось изменению содержание (в сторону увеличения), таких компонентов, как ионы сульфата, гидрокарбоната и кальция. Содержание кальция увеличилось с 50 (1976 г.) мг/дм³ до 136–174 (2009 г.) мг/дм³, сульфата с 17–40 мг/дм³ до 91–169 мг/дм³, хлора – с 7–10 – до 28–60 мг/дм³. Значительно увеличилось также содержание гидрокарбоната – до 262–364 мг/дм³ (Джгамадзе, 2010; Пащенко, Джгамадзе, 2006).

По поводу происходящих изменений качества подземных вод в юго-восточной части Северо-Осетинского артезианского бассейна достаточно весомой представляется версия загрязнения водоносного горизонта промышленными отходами заводов ОАО «Электроцинк» и ОАО «Победит». Промышленные отходы этих предприятий в течение более ста лет размещаются на отвальных площадках заводов в северной части г. Владикавказа. В составе отвалов имеются элементы, относящиеся к различным классам опасности, в т. ч. и к первому, в частности, свинец, цинк, кадмий и др. Поступление этих элементов в водоносный горизонт нельзя рассматривать, как только простое загрязнение геологической среды. Это способствует изменению химического состава подземных вод, благодаря не только приносу инородных компонентов, но и изменению физико-химических процессов при их миграции в зоне аэрации и водонасыщенной среде. Схематически этот процесс можно представить следующим образом: подкисленные серной кислотой (на отвальных полях размещаются продукты переработки сульфидных руд) ливневые воды стекают по поверхности и, просачиваясь в почву, усиливают растворение карбонатных и других пород, тем самым, увеличивая в воде содержание ионов кальция, магния, кремния (Пащенко, Джгамадзе, 2006).

Изменение качества подземных вод в юго-восточной части артезианского бассейна происходит на фоне интенсивной добычи подземных вод, как непосредственно из бассейна, так и за его пределами – в зоне питания водоносного комплекса, где с юга по расширенной пойме р. Терек из Дарьяльского ущелья в равнину устремляется мощный поток поверхностных и подземных вод. Вместе с тем у выхода из Дарьяльского ущелья, севернее Редантской переуглубленной долины аллювиально-флювиогляциальные отложения безводные и здесь происходит инфильтрация значительной части речных вод, питающих водоносные горизонты артезианского бассейна. Таким образом, поверхностный сток р. Терек, и поток подземных вод, поступающий из Редантской переуглубленной долины, к которой приурочено Орджоникидзевское месторождение подземных вод, снабжающее г. Владикавказ, в значительной степени участвуют в питании первого от поверхности водоносного комплекса отложений свиты рухсдзуар в юго-восточной части Северо-Осетинского артезианского бассейна (Джгамадзе, 2010).

Формирование ресурсов подземных вод Орджоникидзевского месторождения происходит как за счет подруслового потока р. Терек, так и за счет подземных вод, формирующихся в верхних зонах (190–200 м) карбонатных пород титонского яруса, поток из которых контролируется ветвями Карцинского разлома.

Обсуждение результатов

Производительность Редантского водозабора систематически превышает утвержденные запасы (250 тыс. вместо 210 тыс. м³/сутки). Возможно, по этой причине

не на месторождении в течение тех же 30 лет происходит неадекватное понижение уровня воды эксплуатационного водоносного горизонта и кольматация водовмещающих пород. Это привело к отрыву уровня подрусловых вод от русла р. Терек на водозаборных участках и распространению депрессионной воронки в таком масштабе, что Редантские родники, выходящие из известняков титона на левом борту переуглубленной долины, с утвержденными запасами подземных вод в количестве 13,8 тыс. м³/сутки по категории В, на протяжении нескольких лет не функционировали, по-видимому, из-за перехвата части родникового стока работой Редантского скважинного водозабора.

Само Орджоникидзевское месторождение пресных вод расположено над Редантским месторождением сульфидных вод. Зона сульфидных вод здесь начинается с глубины около 200 м. Выходу их на поверхность препятствует низкий пьезометрический уровень (не более 10 м), а также зона пресных вод в верхней части разреза отложений титона. С уменьшением мощности последней за счет срабатывания напоров, а также повышения роли пресных вод титонских отложений в формировании ресурсов грунтовых вод, возможно, происходит подтягивание глубинных сероводородных вод к поверхности. Глубина эксплуатационных скважин Редантского водозабора составляет около 80 м, а мощность водоносного горизонта достигает 140 м. Соответственно, активная зона водоотбора достигает глубины 80 м при инфильтрации поверхностного стока, а воды, обогащенные сероводородом за счет подтока из нижезалегающего водоносного комплекса минеральных вод, из интервала, ниже активной зоны эксплуатации водозабора 80–140 м, поступают через водоупорные глины майкопа в рыхлые породы, формируя на юге артезианского бассейна водоносный комплекс отложений свиты рухсдзуар (акчагыла–апшерона). Можно предположить, что бессистемная эксплуатация Орджоникидзевского месторождения провоцирует подтягивание сероводородных вод в верхние зоны, где происходит их смешение и отток в сторону формирования водоносного комплекса отложений рухсдзуар Северо-Осетинского артезианского бассейна. Этот процесс достаточно распространен, особенно в долинах крупных рек, и происходит в водоносных комплексах, залегающих на различных глубинах. В зависимости от состава смешивающихся вод формируются воды другого, отличного от естественного, состава. В рассматриваемом случае можно предположить смешение минеральных и пресных вод, в результате чего происходит изменение ионного состава пресных вод и выпадение из них в осадок слаборастворимых веществ – сульфатов и карбонатов кальция.

Таким образом, приведенные предположения относительно причин изменения качества подземных вод эксплуатируемого водоносного горизонта в худшую сторону в данном конкретном случае имеют право на существование. Но среди множества условий и факторов, влияющих на формирование химического состава вод, одним из важнейших является активная, в большинстве случаев, бессистемная эксплуатация водоносных горизонтов как в пределах рассматриваемой территории, в северо-восточной части города Владикавказа, так и за ее пределами, откуда осуществляется питание эксплуатационного горизонта.

Одной из причин происходящего процесса можно предположить следующий фактор. На вышеуказанной площади, в промышленной зоне г. Владикавказа, сосредоточены и функционируют около 50 эксплуатационных скважин производительностью около 1000 м³/сутки каждая. При такой интенсивной добыче подземных

вод из водоносного комплекса рухсдзуар с относительно низкой водообильностью происходит прогрессирующее понижение уровня в продуктивном водоносном горизонте, что обуславливает подтягивание подземных вод с повышенным содержанием солей из нижележащих слоев.

Выводы

Предполагается, что бессистемная эксплуатация Орджоникидзевского месторождения провоцирует подтягивание сероводородных вод в верхние зоны, где происходит их смешение и отток в сторону формирования водоносного комплекса отложений рухсдзуар Северо-Осетинского артезианского бассейна. Это может быть объяснено смешением минеральных и пресных вод, в результате чего происходит изменение ионного состава пресных вод и выпадение из них в осадок слаборастворимых веществ – сульфатов и карбонатов кальция.

Окончательное решение вопроса по выявлению причин происходящего и принятию соответствующих мер, возможно, по результатам:

а) проведения специализированных эколого-гидрогеологических и гидрогеологических изысканий на площадках размещения промышленных отходов заводов ОАО «Электроцинк» и ОАО «Победит»;

б) проведения гидрогеологических исследований на Орджоникидзевском месторождении подземных вод с переоценкой эксплуатационных запасов и выработкой рациональной схемы эксплуатации месторождения;

в) организации мониторинга подземных вод в черте Осетинского артезианского бассейна по всем действующим скважинным водозаборам, с последующим анализом его результатов.

Литература

1. Алборов И. Д., Заалишвили В. Б., Тедеева Ф. Г. Экологический риск, принципы оценки окружающей природной среды и здоровья населения. // Для бакалавров и магистров, обучающихся по направлению 280700 «Техносферная безопасность». – Владикавказ: ЦГИ ВНИЦ РАН, 2013. – 343 с.

2. Бондырев И. В., Заалишвили В. Б. Опасность активизации геодинамических процессов на Северном Кавказе. // Вестник Владикавказского научного центра. – 2003. – Т. 3. №2. – С. 39-46.

3. Бурдзиева О. Г., Заалишвили В. Б. Исследование влияния хвостохранилища на окружающую среду в условиях высокой сейсмической опасности. // В сборнике: Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе Труды III Кавказской международной школы-семинара молодых ученых. / Редакторы: Николаев А. В., Заалишвили В. Б. – Владикавказ: ЦГИ ВНИЦ РАН, 2009. – С. 355-360.

4. Бурдзиева О. Г., Заалишвили В. Б., Бериев О. Г., Закс Т. В., Кануков А. С. Об экологических аспектах современной урбанизированной территории при сильных землетрясениях. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2012. – №3. – С. 62-67.

5. Бурдзиева О. Г., Заалишвили В. Б., Бериев О. Г., Кануков А. С., Майсурадзе М. В. Влияние горнодобывающей деятельности на загрязнение окружающей среды. // Геология и геофизика Юга России. – 2014. – №4-2. – С. 8-13.

6. Заалишвили В. Б. Сейсмическое микрорайонирование на основе изучения нелинейных свойств грунтов искусственными источниками Заалишвили В. Б. // Автореферат диссертации на ученую степень доктора физико-математических наук. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1996. – 222 с.

7. Заалишвили В. Б., Габеева И. Л., Гогмачадзе С. А. Оценка сейсмической опасности грунтов при сильных землетрясениях в условиях пересеченного рельефа в горных районах. // В книге: Системные исследования современного состояния и пути развития Юга России (природа, общество, человек). Тезисы докладов международной научной конференции. – 2006. – С. 135-136.

8. Заалишвили В. Б., Мельков Д. А., Дзеранов Б. В. Особенности динамического поведения грунтов территории г. Владикавказа. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2008. – № 2. – С. 67-71.

9. Заалишвили В. Б., Рогожин Е. А. Оценка сейсмической опасности территории на основе современных методов детального сейсмического районирования и сейсмического микрорайонирования. // В сборнике: мониторинг и прогнозирование природных катастроф. Труды института геологии Дагестанского научного центра Российской Академии Наук. – 2010. – С. 251-262.

10. Заалишвили В. Б., Бериев О. Г., Закс Т. В. Медико-экогеофизический мониторинг урбанизированной горной территории. // В сборнике: Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений. Материалы VII Международной научной конференции (Электронный ресурс, CD-ROM – диск). – Владикавказ. – 2010.

11. Заалишвили В. Б., Джгмадзе А. К., Гогичев Р. Р. О создании карт инженерно-геологического районирования населенных пунктов республики Северная Осетия-Алания, как основы сейсмического микрорайонирования. // Геология и геофизика Юга России. – 2013а. – № 3. – С. 20-28.

12. Заалишвили В. Б., Бериев О. Г., Бурдзиева О. Г., Закс Т. В., Кануков А. С. Онкозаболеваемость населения г. Владикавказа и его взаимосвязь с различными факторами. // Геология и геофизика Юга России. – 2013б. – № 3. – С. 29-38.

13. Заалишвили В. Б. Корреляционные взаимосвязи между линейными и нелинейными характеристиками грунтов по инструментальным данным. // Геология и геофизика Юга России. – 2014. – № 4. – С. 45-57.

14. Заалишвили В. Б., Кранцфельд Я. Л. Геофизическая основа инженерной сейсмозащиты ответственных объектов строительства. // Геология и геофизика Юга России. – 2014. – № 1. – С. 39-50.

15. Заалишвили В. Б., Джгмадзе А. К., Мельков Д. А., Дзеранов Б. В., Габараев А. Ф., Габеева И. Л., Дзэбоев Б. А., Кануков А. С., Шепелев В. Д. Уточнение инженерно-геологических условий территории с помощью микросейсм (на примере населенных пунктов республики Северная Осетия-Алания). // Геология и геофизика Юга России. – 2015. – № 1. – С. 5-20.

16. Шемпелев А. Г., Заалишвили В. Б., Кухмазов С. У. Глубинное строение западной части Центрального Кавказа по геофизическим данным. // Геотектоника. – 2017. – № 5. – С. 20-29.

17. Baluch, Mansoor A.; Hashmi, Hashim Nisar Investigating the Impact of Anthropogenic and Natural Sources of Pollution on Quality of Water in Upper Indus Basin (UIB) by Using Multivariate Statistical Analysis. // Journal of Chemistry. – 2019. – Vol. 2. No. 4307251.

18. Burdzieva, O. G., Zaalishvili, V. B., Beriev, O. G., Kanukov, A. S., Maysuradze, M. V. Mining impact on environment on the North Ossetian territory. // International Journal of GEOMATE. – 2016. – No. 10 (1). – Pp. 1693-1697.

19. Grigorkina, G. S., Ramonova, A. G., Kibizov, D. D., Kozyrev, E. N., Zaalishvili, V. B., Fukutani, K., Magkoev, T. T. Probing specific oxides as potential supports for metal/oxide model catalysts: MgO (111) polar film. // Solid State Communications. – 2017. – Vol. 257. – Pp. 16-19. DOI: 10.1016/j.ssc.2017.03.014

20. Hou, Wei; Zhai, Liang; Qiao, Qinghua et al. Monitoring the Intensity of Human Impacts on Anthropogenic Landscape: A Mapping Case Study in Beijing, China. // Ecological Indicators. – 2019. – Vol. 102. – Pp. 382-393.

21. Kozuskanich, John C.; Novakowski, Kent S.; Anderson, Bruce C. et al. Anthropogenic Impacts on a Bedrock Aquifer at the Village Scale. // Groundwater. – 2014. – Vol. 52. Issue 3. – Pp. 474-486

22. Rosca, Oana Mare; Dippong, Thomas; Marian, Monica et al. Impact of anthropogenic activities on water quality parameters of glacial lakes from Rodnei Mountains, Romania. // *Environmental Research*. – 2020. – Vol. 182. No. 109136.

23. Shempelev A. G., Zaalishvili V. B., Kukhmazov S. U. Deep Structure of the Western Part of the Central Caucasus from Geophysical Data. // *Geotectonics*. – 2017. – Т. 51. No. 5. – Pp. 479-488.

24. Zaalishvili V. B., Melkov D. A., Kanukov A. S., Dzeranov B. V., Shepelev V. D. Application of Microseismic and Computational Techniques in Engineering-Geological Zonation. // *International Journal of Geomate*. – 2016. – Т. 10. No. 1. – Pp. 1670-1674.

25. Zaalishvili V. B., Kanukov A. S., Melkov D. A., Makiev V. D., Dzobelova L. V. Development of a Unified Model of Geoinformation System for City Planning and Integration. // *International Journal of Geomate*. – 2018. – Т. 15. No. 51. – Pp. 160-166.

References

1. Alborov I. D., Zaalishvili V. B., Tedeeva F. G. Ecological risk, principles of environmental assessment and public health. For bachelors and masters studying in the direction 280700 “Technosphere safety”. Vladikavkaz: CGI VSC RAS, 2013. 343 p. (In Russ.)

2. Bondyrev I. V., Zaalishvili V. B. The danger of activation of geodynamic processes in the North Caucasus. *Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center*. 2003. Vol. 3. No. 2. pp. 39-46. (In Russ.)

3. Burdzieva O. G., Zaalishvili V. B. Study of the impact of the tailings on the environment in conditions of high seismic hazard. In: *Proceedings of the III Caucasian International School-Seminar for Young Scientists “Seismic hazard and seismic risk management in the Caucasus”*. Vladikavkaz: CGI VSC RAS, 2009. pp. 355-360. (In Russ.)

4. Burdzieva O. G., Zaalishvili V. B., Beriev O. G., Zaks T. V., Kanukov A. S. On the environmental aspects of the modern urbanized area during strong earthquakes. *Earthquake engineering. Safety of facilities*. 2012. No. 3. pp. 62-67. (In Russ.)

5. Burdzieva O. G., Zaalishvili V. B., Beriev O. G., Kanukov A. S., Maisuradze M. V. The impact of mining on environmental pollution. *Geology and geophysics of Russian South*. 2014. No. 4-2. pp. 8-13. (In Russ.)

6. Zaalishvili V. B. Seismic microzonation based on the study of nonlinear properties of soils by artificial sources. Abstract of dissertation for the degree of Doctor of Physics and Mathematics. Moscow. Lomonosov Moscow State University, 1996. 222 p. (In Russ.)

7. Zaalishvili V. B., Gabeeva I. L., Gogmachadze S. A. Seismic hazard assessment of soils during strong earthquakes in rugged terrain in mountainous regions. In: *Systematic studies of the current state and development paths of the South of Russia (nature, society, people)*. Abstracts of reports of an international scientific conference. 2006. pp. 135-136. (In Russ.)

8. Zaalishvili V. B., Melkov D. A., Dzeranov B. V. Features of the dynamic behavior of soils in the territory of the city of Vladikavkaz. *Earthquake engineering. Safety of facilities*. 2008. No. 2. pp. 67-71. (In Russ.)

9. Zaalishvili V. B., Rogozhin E. A. Assessment of the seismic hazard of the territory based on modern methods of detailed seismic zoning and seismic microzoning. In: *Monitoring and forecasting natural disasters. Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the RAS*. 2010. pp. 251-262. (In Russ.)

10. Zaalishvili V. B., Beriev O. G., Zaks T. V. Medical-ecological-geophysical monitoring of the urban mountainous territory. In: *Sustainable development of mountain areas in the context of global changes Materials of the VII International Scientific Conference (Electronic resource, CD-ROM – disk)*. Vladikavkaz. 2010. (In Russ.)

11. Zaalishvili V. B., Dzhgamadze A. K., Gogichev R. R. On the creation of maps of engineering and geological zoning of settlements of the Republic of North Ossetia-Alania, as the basis of seismic microzonation. *Geology and geophysics of Russian South*. 2013a. No. 3. pp. 20-28. (In Russ.)

12. Zaalishvili V.B., Beriev O.G., Burdzieva O.G., Zaks T.V., Kanukov A.S. Oncological morbidity of the population of Vladikavkaz and its relationship with various factors. *Geology and geophysics of Russian South*. 2013b. No. 3. pp. 29-38. (In Russ.)
13. Zaalishvili V.B. Correlation relationships between linear and nonlinear soil characteristics according to instrumental data. *Geology and geophysics of Russian South*. 2014. No. 4. pp. 45-57. (In Russ.)
14. Zaalishvili V.B., Krantsfeld Ya.L. Geophysical basis of engineering seismic protection of critical construction projects. *Geology and geophysics of Russian South*. 2014. No. 1. pp. 39-50. (In Russ.)
15. Zaalishvili V.B., Dzhgamadze A.K., Melkov D.A., Dzeranov B.V., Gabaraev A.F., Gabeeva I.L., Dzeboev B.A., Kanukov A.S., Shepelev V.D. Clarification of the geotechnical conditions of the territory with the help of microseisms (by example, settlements of the Republic of North Ossetia-Alania). *Geology and geophysics of Russian South*. 2015. No. 1. pp. 5-20. (In Russ.)
16. Shempelev A.G., Zaalishvili V.B., Kukhmazov S.U. The deep structure of the western part of the Central Caucasus according to geophysical data. *Geotectonics*. 2017. No. 5. pp. 20-29. (In Russ.)
17. Baluch, Mansoor A.; Hashmi, Hashim Nisar Investigating the Impact of Anthropogenic and Natural Sources of Pollution on Quality of Water in Upper Indus Basin (UIB) by Using Multivariate Statistical Analysis. *Journal of Chemistry*. 2019. Vol. 2. No. 4307251.
18. Burdzieva, O. G., Zaalishvili, V. B., Beriev, O. G., Kanukov, A. S., Maysuradze, M.V. Mining impact on environment on the North Ossetian territory. *International Journal of GEOMATE*. 2016. No. 10 (1). pp. 1693-1697.
19. Grigorkina, G. S., Ramonova, A. G., Kibizov, D. D., Kozyrev, E. N., Zaalishvili, V. B., Fukutani, K., Magkoev, T.T. Probing specific oxides as potential supports for metal/oxide model catalysts: MgO (111) polar film. *Solid State Communications*. 2017. Vol. 257. pp. 16-19. DOI: 10.1016/j.ssc.2017.03.014
20. Hou, Wei; Zhai, Liang; Qiao, Qinghua et al. Monitoring the Intensity of Human Impacts on Anthropogenic Landscape: A Mapping Case Study in Beijing, China. *Ecological Indicators*. 2019. Vol. 102. pp. 382-393.
21. Kozuskanich, John C.; Novakowski, Kent S.; Anderson, Bruce C. et al. Anthropogenic Impacts on a Bedrock Aquifer at the Village Scale. *Groundwater*. 2014. Vol. 52. Issue 3. pp. 474-486
22. Rosca, Oana Mare; Dippong, Thomas; Marian, Monica et al. Impact of anthropogenic activities on water quality parameters of glacial lakes from Rodnei Mountains, Romania. *Environmental Research*. 2020. Vol. 182. No. 109136.
23. 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.
- Zaalishvili V.B., Melkov D.A., Kanukov A.S., Dzeranov B.V., Shepelev V.D. Application of Microseismic and Computational Techniques in Engineering-Geological Zonation. *International Journal of Geomate*. 2016. T. 10. No. 1. pp. 1670-1674.
26. Zaalishvili V.B., Kanukov A.S., Melkov D.A., Makiev V.D., Dzobelova L.V. Development of a Unified Model of Geoinformation System for City Planning and Integration. *International Journal of Geomate*. 2018. T. 15. No. 51. pp. 160-166.