Научная статья
УДК 551.491 (470.57)
DOI: 10.31084/2619-0087/2022-2-10

ПРОБЛЕМЫ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ЮЖНОГО УРАЛА И ПРЕДУРАЛЬЯ

Р.Ф. Абдрахманов, А.О. Полева

Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН, 450077, г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/2, hydro@ufaras.ru

В статье обсуждается вопрос об источниках водоснабжения малых населенных пунктов, расположенных на территории Южного Урала и Предуралья. На основе почти 30-летнего мониторинга за скважиной, используемой для водоснабжения дачного участка показано, что тренд уровня грунтовых вод в этом районе имеет тенденцию к понижению. Одновременно наблюдения за химическим составом воды выявили увеличение содержания количества нитратов. Установлено, что уровень грунтовых вод зависит от количества осадков. Их количество также влияет и на уровень нитратов в грунтовых водах. При увеличении количества осадков количество нитратов уменьшается. Показанные проблемы указывают на необходимость контроля за качеством воды, используемой для нецентрализованного водоснабжения малых населенных пунктов.

Ключевые слова: пресные подземные воды, мониторинг, уровень грунтовых вод, химический состав грунтовых вод, загрязнение, нитраты

Благодарности: Работы выполнены по теме FMRS-2022–0013

Original article

PROBLEMS OF DRINKING WATER SUPPLY IN SMALL SETTLEMENTS OF THE SOUTHERN URALS AND THE CIS-URALS

R.F. Abdrakhmanov, A.O. Poleva

Institute of Geology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, K. Marx St., 16/2, Ufa, Russia, 450077, hydro@ufaras.ru

The article discusses the issue of water supply sources for small settlements located on the territory of the Southern Urals and the Cis-Urals. Based on almost 30 years of monitoring of a well used for the water supply of a summer country house, it is shown that the trend of the groundwater level in this area tends to decrease. At the same time, observations of chemical composition of water revealed an increase in the amount of nitrates. It has been established that the level of groundwater depends on the amount of precipitation. Their amount also affects the level of nitrates in groundwater. With an increase in precipitation, the amount of nitrates decreases. The problems shown indicate the need to control the quality of water used for non-centralized water supply of small settlements.

Keywords: fresh groundwater, monitoring, groundwater level, chemical composition of groundwater, pollution, nitrates

Acknowledgements: the work was carried out within the framework of the Theme No. FMRS-2022–0013

Для цитирования: *Р.Ф. Абдрахманов, А.О. Полева* Проблемы питьевого водоснабжения малых населенных пунктов Южного Урала и Предуралья // Геологический вестник. 2022. №2. С. 114–119. DOI: 10.31084/2619-0087/2022-2-10

For citation: R.F. Abdrakhmanov, A.O. Poleva (2022) Problems of drinking water supply in small settlements of the Southern Urals and the Cis-Urals. *Geologicheskii vestnik*. 2022. No. 2. P. 114–119. DOI: 10.31084/2619-0087/2022-2-10

Введение

Территория Южного Урала и Предуралья относится к регионам, где проблемы питьевого водоснабжения стоят достаточно остро, особенно в малых населенных пунктах [Абдрахманов и др., 2018]. В последнее время стала очень популярна коттеджная застройка, которая подразумевает наличие в каждом доме полного комплекса бытовых удобств. Половина этих домов существует без централизованного водоснабжения и центральной канализации. В таких условиях чаще всего водоснабжение домов осуществляется за счет грунтовых вод из пробуренных скважин на приусадебном участке. Кроме того, проблема водоснабжения из местных водоисточников населенных мест в районах нефтедобычи осложняется загрязнением грунтовых вод попутными нефтяными сточными водами. Особенно, на что мало обращают внимание в этих регионах (Шкаповское, Туймазинское и др. месторождения), это попадание в грунтовые воды токсичных ПАВ, СПАВ и других ингредиентов, используемых для увеличения нефтеотдачи.

Грунтовые воды — первый от поверхности постоянный безнапорный водоносный горизонт. Мощность зоны грунтовых вод колеблется от 10-15 м в терригенных нижнепермских (P_1u) отложениях Прибельского понижения до 300 м на Уфимском плато [Абдрахманов, 2014]. Глубина залегания их от 2-5 до 10-15 м. В пределах терригенных пород горноскладчатого Урала и Зауральского понижения мощность зоны грунтовых вод определяется мощностью региональной трещиноватости пород (30-50 м, реже до 100 м). Глубина залегания на сглаженных водоразделах около 20-50 м, в нижних частях склонов и в понижениях между ними менее 15 м.

В статье приводятся собственные многолетние гидрогеологические наблюдения авторов за уровнем и химическим составом грунтовых вод неоген-четвертичных и пермских отложений. Химические анализы выполнены в аккредитованной аналитической лаборатории Уфимского Управления по эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных систем ФГБУ Управления Башмелиоводхоз (аналитик Старцева О. Б.).

Геолого-гидрогеологические условия

Район наблюдений расположен в центральной части Прибельской равнины в пределах левобережья нижнего течения р. Уза на абсолютных

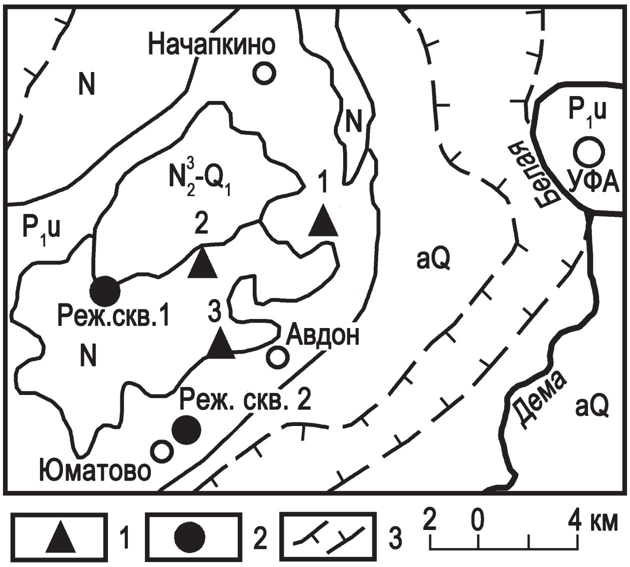

Рис. 1. Гидрогеологическая схема левобережья р. Белой в районе г. Уфы

Условные обозначения: 1 — родник, 2 — скважина, 3 — контуры палеодолины палеорек

Fig. 1. Hydrogeological scheme of the left bank of the Belaya river near Ufa

Legend: 1 — spring, 2 — well, 3 — contours of the paleovalley of paleorivers

отметках 195–200 м (рис. 1). С поверхности он сложен сульфатно-терригенными и карбонатными уфимскими образованиями пермской системы (P_1u), представленные песчаниками, известняками и глинами. Песчаники и глины часто загипсованы. На уфимских отложениях здесь с глубоким размывом залегают неогеновые (N) отложения, представленные глинами, суглинками с прослоями песков и гравийных отложений, мощностью от первых до 40–60 м, в палеодолине р. Белой она достигает 80–100 м. На междуречьях указанных малых рек участками сохранились отложения общего сыртa (N_2^3–Q_1) – суглинки с прослоями песка, мощностью 10–15 м. Четвертичные аллювиальные образования (aQ) слагают долины рек Белой и Демы. Сверху они представлены глинами и суглинками (8–10 м), подстилаются гравийно-галечными осадками мощностью до 30–35 м [Гидрогеология…, 1972].

Обводненность уфимских отложений пестрая. Наиболее водообильны песчаники и известняки. Дебиты родников составляют 0.2–1.5 л/с, редко до 5–10 л/с. Выше уровня рек, в зоне активного водообмена эти отложения содержат обычно пресные воды гидрокарбонатного, сульфатно-гидрокарбонатного магниево-кальциевого состава с минерализацией (М) 0.4–0.6 г/дм^3, жесткостью (содержание солей кальция и магния) 6–9 ммоль/л, pH 8.2–8.3, в целом хорошего питьевого качества [Абдрахманов, 2005]. Ниже уровня речных долин (зона затрудненного водообмена) вследствие загипсованности пород пресные воды отсутствуют. Минерализация повышается до 2.5–3 г/дм^3, а жесткость достигает 20–30 ммоль на литр (при ПДК для питьевых вод 7 ммоль/л).

Неогеновые и четвертичные песчано-глинистые отложения характеризуются в этом районе малой водообильностью: дебиты родников обычно 0.1–1.0 л/с, чаще они имеют 0.4–0.6 л/с. Скважины при вскрытии песчаных прослоев имеют дебиты до 2–5 л/с при максимальном (до 5–10 м) понижении уровня. Вода в них в целом имеет хорошие химические показатели: состав гидрокарбонатный, иногда нитратно-гидрокарбонатный магниево-кальциевый, кальциево-магниевый, минерализация 0.3–0.4 г/дм^3. Показатель загрязненности воды – наличие нитрат-ионов за пределами населенных пунктов (родник 3), благоприятный: содержание NO_3^- не превышает 2–3 мг/дм^3 (ПДК 45 мг/дм^3). В пределах освоенных территорий (участки утилизации с/х стоков и др.) содержание NO_3^- достигает 15–50 мг/дм^3 (родник 1) и более. Химический состав родника 1 характеризуется следующей формулой:

$$M\,0.3\,\frac{HCO_3\,62\,NO_3\,22\,SO_4\,8\,Cl\,8}{Ca78\,Mg\,21\,Na1}\,.$$

Объекты исследований

Режимная скважина 1 находится на участке садового кооператива «Весна» Уфимского района, расположенном в 20 км западнее Уфы. Скважина с открытым дном, глубиной 10 м, оборудована дырчатым фильтром в интервале 5–10 м. Пробурена она диаметром 0.8 м, отсажена специальной пластиковой трубой 300 мм. Затрубное пространство до глубины 5.0 м заполнено песчано-гравийной смесью, выше утрамбовано глиной. Сверху скважина оборудована защитной крышкой. Вода подается с глубины 5–9.5 м электропогружным насосом с дебитом 0.5 л/с. Поступление воды стабильное, при указанном дебите. В геолого-гидрогеологическом отношении скважина приурочена к центральной части палеодолны р. Белой. Водоносными являются песчано-глинистые отложения неогена.

Режимная скважина 2 для целей водоснабжения д. Юматово расположена в бортовой части палеодолины р. Белой (водоносны загипсованные песчаники). Скважина глубиной 50 м, дебит ее составляет 3–3.5 л/с.

Химический состав грунтовых вод неоген-четвертичных образований

Химический состав грунтовых вод на участках развития палеодолин рек Белой и Демы (см. рис. 1) характеризуется гидрокарбонатным кальциевым и магниево-кальциевым составом (таблица). Тип воды в режимной скважине 1 по [Алекин, 1970] второй, иногда первый, pH от 7.19–7.60 до 8.26–8,44, минерализация 0.66–0,68 г/дм^3. Жесткость воды составляет 5.0–6.3 ммоль/л, не превышает норму (7.0 ммоль/л) ПДК для питьевого водоснабжения.

Химический состав воды режимной скважины 2 сульфатный кальциевый, что связано с поступлением воды из отложений P_1u. Вода очень жесткая. По исследованным показателям в воде превышается содержание ПДК для питьевого водоснабжения: жесткость в 2.7 раза, кальция в 1.8 раз, сульфатов в 1.6 раза, в экологическом отношении вода благоприятная.

Изменения уровня подземных вод

В районе режимной скважины 1 значительные колебания уровня (по данным почти 30 лет наблюдений) происходят как в течение всего периода, так и в течение года. Изменения уровня в течение года составляли (2012 г.) от 0.84 (9.09–8.25 м) до 3.27 м (7.60–4.33 м) в 2007 г. Максимально низкие уровни отмечены в 2012 (9.09 м), 2013 (9.45 м), 2021 (8.80 м) годах, а высокие в 2003 (4.14 м), 2007 (4.33 м) годах. Уровни грунтовых вод и тренд их снижения показаны на рис. 2.

Системными наблюдениями установлено, что уровень грунтовых вод тесно связан с количеством выпадающих осадков. При активном снеготаянии весной уровень воды в скважине может повышаться на 2–4 см в день. Выпавшие за 2 дня дожди 7 и 8 июня 2022 г. – 63 мм (норма за июнь), вызвали повышение уровня воды в скважине за семь последующих дней сразу на 19 см, что составляет 2.7 см в день.

Проблема нитратов

Основными загрязняющими веществами грунтовых вод в малых населенных пунктах являются соединения азота. Они могут попадать в почву

Таблица. Химический состав грунтовых вод неоген-четвертичных отложений
Table. Chemical composition of groundwater of Neogene-Quaternary deposits

Дата отбора	М, г/дм3	Ионы, мг/дм3, ммоль/л, %-моль								Жесткость, ммоль/л	pH	Индекс состава воды
		HCO3–	SO42–	Cl–	NO3–	Ca2+	Mg2+	Na+	Fe2++Fe3+			
Режимная скважина 1												
18.07.2004	0.51	317.2 5.20 77.6	33.7 0.70 10.5	20.8 0.59 8.8	13.3 0.21 3.1	72.0 3.59 53.6	24.3 2.00 29.9	25.5 1.11 16.6	0.16	5.60	7.60	C_{II}^{MgCa}
26.08.2008	0.52	317.2 5.20 76.1	33.3 0.69 10.1	28.1 0.79 11.6	9.1 0.15 2.2	100.0 4.99 73.1	8.5 0.70 10.3	26.2 1.14 16.7	0.02	5.70	7.39	C_{II}^{Ca}
24.04.2011	0.58	378.2 6.20 83.9	14.4 0.30 4.1	21.3 0.60 8.1	18.0 0.29 3.9	104.2 5.20 70.4	12.2 1.00 13.5	27.4 1.19 16.1	–	6.2	8.32	C_{II}^{Ca}
12.05.2013	0.54	341.6 5.60 80.1	32.5 0.68 9.7	11.4 0.32 4.6	24.2 0.39 5.6	96.0 4.79 68.5	18.2 1.50 21.5	16.1 0.70 10.0	0.06	6.3	7.19	C_{II}^{MgCa}
18.09.2016	0.68	414.2 6.79 78.1	28.8 0.60 6.9	22.7 0.64 7.4	41.2 0.66 7.6	76.1 3.80 43.7	14.6 1.20 13.8	84.9 3.69 42.5	–	5.0	8.44	C_{I}^{NaCa}
21.03.2017	0.63	365.6 5.99 73.23	38.4 0.8 9.78	22.7 0.64 7.82	46.5 0.75 9.17	64.1 3.1 39.12	23.1 1.9 23.23	70.84 3.08 37.65	–	5.1	8.03	C_{I}^{NaCa}
10.05.2021	0.66	377.8 6.19 73.08	38.4 0.8 9.45	21.3 0.6 7.08	54.7 0.88 10.39	72.1 3.6 42.5	19.5 1.6 18.9	75.21 3.27 38.6	–	5.2	8.26	C_{I}^{NaCa}
Режимная скважина 2												
05.05.2022	1.65	414.8 6.8 26.9	825.6 17.2 68.0	46.1 1.3 5.1	–	366.6 16.8 66.4	29.2 2.4 6.1	140.3 6.1 24.1	–	19.2	7.82	S_{II}^{Ca}
ПДК	1.0	–	500	350	45	–	–	200	0.3	7.0	6.0-9.0	

при внесении органо-минеральных удобрений на территории частных домовладений, при использовании частных систем очистки сточных вод, отходов при содержании животных и птицы в подсобных хозяйствах.

В результате ежегодного применения органо-минеральных удобрений содержание нитратов в режимной скважине 1 значительно колеблется. На рис. 3 видно, что если в начале создания СНТ в 2004 г. содержание в воде NO_3– составляло 13.3 мг/дм^3, то к 2022 г. содержание NO_3– достигает 66.5 мг/дм^3, что значительно превышает ПДК (45 мг/дм^3) для нецентрализованного водоснабжения (Сан ПиН 2.1.4.1175-02)[1]

Выводы

Многолетний (почти 30 лет) мониторинг за уровнем и качеством воды в скважине садоводческого товарищества, используемой для водоснабжения дачного участка, показал, что уровень грунтовых вод, при колебании его в течение года, имеет многолетнюю тенденцию к снижению. Отмечается также, что уровень

[1] Известно, что при постоянном употреблении воды с повышенным содержанием нитратов (свыше 150 мг/л) нарушается обмен веществ, усиливается мутагенез, вызывающий тяжелую болезнь токсический цианоз (метгемоглобинемия), особенно страдают от этой болезни дети.

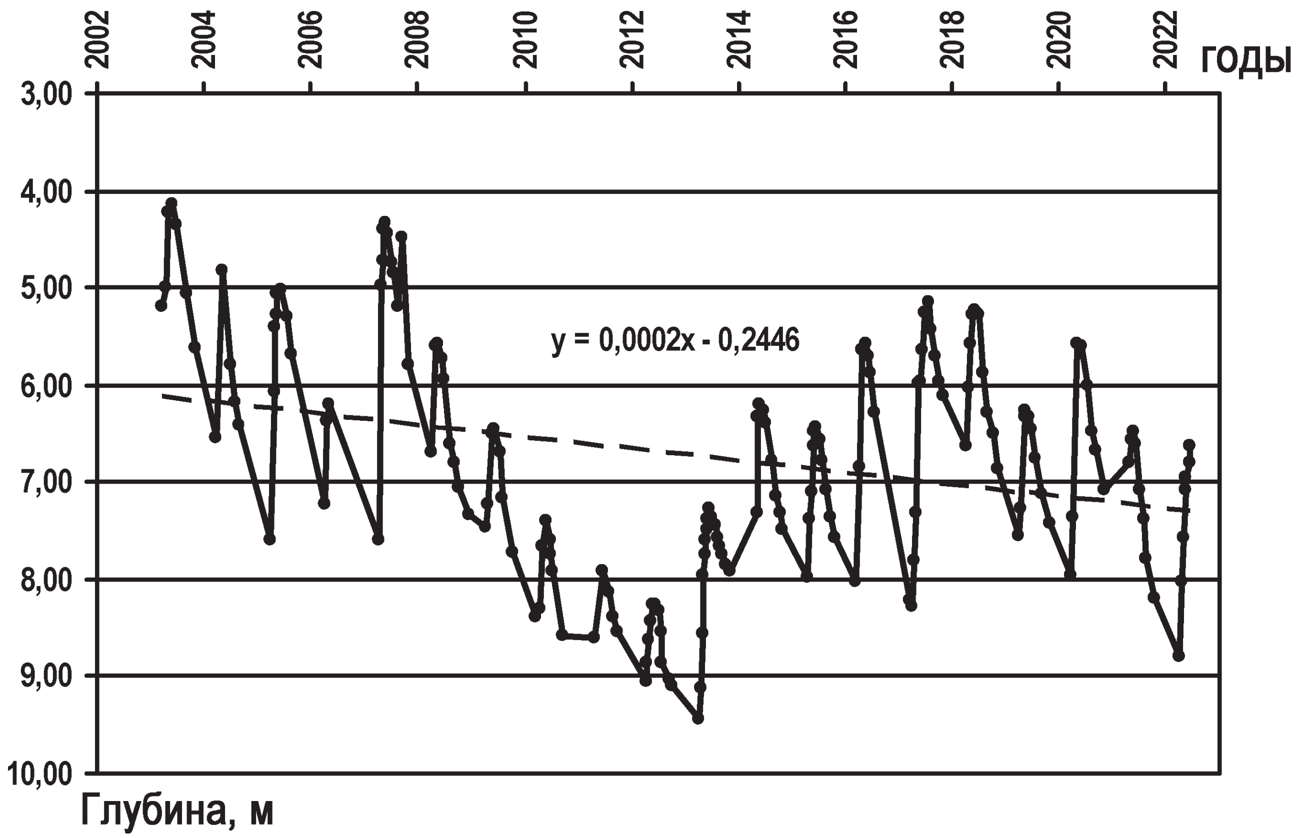

Рис. 2. График изменения уровня грунтовых вод в режимной скважине 1
Fig. 2. Graph of changes in the groundwater level in the regime well 1

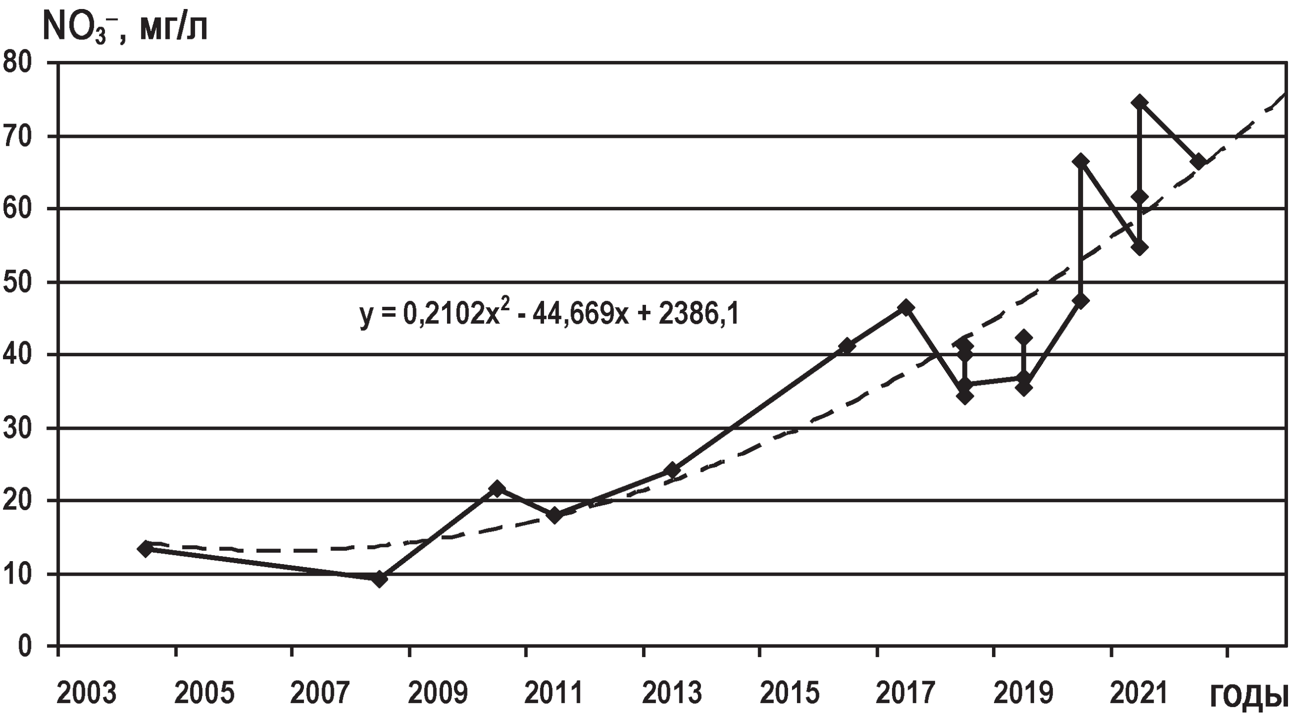

Рис. 3. Многолетние изменения содержания иона NO_3^- в воде режимной скважины 1
Fig. 3. Long–term changes in the content of NO_3^- ion in the water of the regime well 1

грунтовых вод тесно связан с количеством выпадающих осадков.

Применение на участке органо-минеральных удобрений ведет к увеличению содержания в грунтовых водах нитратов выше ПДК для питьевого водоснабжения. Количество выпадающих осадков влияет на содержание нитратов в почве. При увеличении количества осадков, количество нитратов заметно снижается.

В связи с активным использованием грунтовых вод в населенных пунктах, где отсутствует централизованное водоснабжение, необходимо организовать мониторинг за качеством воды в скважинах на территории личных подсобных хозяйств и скважинах для водоснабжения в садоводческих товариществах и малых населенных пунктах.

Список литературы:

1. Абдрахманов Р. Ф. Гидрогеоэкология Башкортостана. — Уфа: Информреклама, 2005. — 344 с.

2. Абдрахманов Р. Ф. Пресные подземные и минеральные лечебные воды Башкортостана. — Уфа: Гилем, 2014. — 416 с.

3. Абдрахманов Р. Ф., Комиссаров А. В., Дурнаева В. Н., Полева А. О. Мониторинг грунтовых вод в бассейне среднего течения реки Белой, используемых для локального водоснабжения // Природообустройство. — 2018. — № 5. — С. 7-13.

4. Алекин О. А. Основы гидрохимии. — Л.: Гидрометеоиздат, 1970. — 442 с.

5. Гидрогеология СССР / Под. ред. Б. А. Зубровой. — М.: Недра, 1972. — Т. 15. — 344 с.

References:

1. Abdrakhmanov R. F. (2005). Gidrogeoekologiya Bashkortostana [Hydrogeoecology of Bashkortostan]. Ufa: Informreklama Press. 344 p. (In Russian).

2. Abdrakhmanov R. F. (2014). Presnye podzemnye i mineral’nye lechebnye vody Bashkortostana [Fresh Groundwater and Mineral Medicinal Water Reserves of Bashkortostan]. Ufa: Gilem Publ. 416 p. (In Russian).

3. Abdrahmanov R. F., Komissarov A. V., Durnaeva V. N., Poleva A. O. (2018). Monitoring gruntovyh vod v bassejne srednego techenija reki Beloj, ispol’zuemyh dlja lokal’nogo vodosnabzhenija [Monitoring of groundwater in the basin of the middle course of the Belaya River used for local water supply] // Prirodoobustrojstvo. N 5. P. 7-13. (In Russian).

4. Alekin O. A. (1970). Principles of Hydrochemistry. Gidrometeoizdat, Leningrad. 442 p. (in Russian).

5. Gidrogeologija SSSR (1972). [Hydrogeology of the USSR]. Pod. red. B. A. Zubrovoj. Moscow: Nedra. T. 15. 344 p. (In Russian).

Сведения об авторах:

Абдрахманов Рафил Фазылович, доктор геол.-минер. наук, профессор, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. hydro@ufaras.ru

Полева Александра Олеговна, кандидат биологических наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. hydro@ufaras.ru

About the authors:

Abdrakhmanov Rafil Fazilovich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. hydro@ufaras.ru

Poleva Aleksandra Olegovna, candidate of biological sciences Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. hydro@ufaras.ru

Статья поступила в редакцию 23.06.2022; одобрена после рецензирования 28.06.2022; принята к публикации 14.07.2022

The article was submitted 23.06.2022; approved after reviewing 28.06.2022; accepted for publication 14.07.2022