

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 628.161

doi: 10.31774/2712-9357-2025-15-1-60-76

Обоснование усовершенствования технических решений для очистки подземных вод станции Егорлыкской

Сергей Александрович Марьяш¹, Татьяна Ильинична Дрововозова²

^{1,2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹smar-78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5561-9714>

²tid70.drovovozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

Аннотация. Цель: провести оценку пригодности подземных вод станции Егорлыкской Ростовской области для различных категорий водопотребителей в сельскохозяйственном водоснабжении, обосновать необходимость разработки блока улучшения качества воды. **Материалы и методы.** Объектом исследования являлись подземные воды станции Егорлыкской, относящиеся к Азово-Кубанскому артезианскому бассейну. Оценка пригодности подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения проводилась согласно СанПиН 1.2.3685-21, для поения животных – согласно требованиям ВНТП-Н-97, для полива – ГОСТ 17.1.2.03-90. **Результаты.** Мелиоративная оценка подземных вод станции Егорлыкской показала, что использование воды для полива приведет к натриевому осолонцеванию и хлоридному засолению почв. Для поения животных качество воды не соответствует требованиям ВНТП-Н-97 по содержанию хлоридов, оно превышает норму в 1,1–1,6 раза. Оценка пригодности воды для хозяйственно-питьевых нужд сельского населения показала, что основными загрязнителями подземных вод являются сероводород (концентрация превышает ПДКпв примерно в 1000 раз), хлориды (в 1,87 раза), ионы аммония (в 1,7 раза), железо (в 17,47 раза), сухой остаток больше допустимого в 1,67 раза. Научно обосновано размещение блока улучшения качества воды на действующей станции водоподготовки, он включает реакторную установку окисления сероводорода, обеспечивающую время пребывания 6,94 мин, тонкослойный отстойник с ершовой загрузкой для осаждения продукта окисления сероводорода и комбинированный напорный фильтр для удаления солеобразующих ионов и железа. **Выводы.** Использование подземных вод станции Егорлыкской водопотребителями различных категорий без доочистки недопустимо. Предложены усовершенствованные технические решения для доочистки подземных вод станции Егорлыкской, включающие блок улучшения качества воды, обеспечивающий ее доведение до нормативных требований без увеличения площади действующей станции водоподготовки.

Ключевые слова: качество воды, сельскохозяйственное водоснабжение, подземные воды, усовершенствованные технические средства доочистки

Для цитирования: Марьяш С. А., Дрововозова Т. И. Обоснование усовершенствования технических решений для очистки подземных вод станции Егорлыкской // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 1. С. 60–76. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-1-60-76>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Justification for improving engineering solutions for groundwater treatment in Yegorlykskaya village

Sergey A. Maryash¹, Tatyana I. Drovovozova²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

¹smar-78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5561-9714>

²tid70.drovovozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

Abstract. Purpose: to assess the groundwater suitability in Yegorlykская village, Rostov region, for various categories of water consumers in agricultural water supply, to justify the need of developing a water quality improvement unit. **Materials and methods.** The object of the study was groundwater in the village of Yegorlykская, belonging to the Azov-Kuban artesian basin. The suitability of groundwater for domestic and drinking water supply was assessed according to SanPiN 1.2.3685-21, for animal watering – according to the requirements of VNTP-N-97, for irrigation – GOST 17.1.2.03-90. **Results.** Reclamation assessment of groundwater in Yegorlykская village showed that the water use for irrigation will lead to sodium alkalization and chloride salinization of soils. The quality of water for animal drinking does not meet the requirements of VNTP-N-97 for chloride content, it exceeds the norm by 1.1–1.6 times. Assessment of water suitability for household and drinking needs of the rural population showed that the main pollutants of groundwater are: hydrogen sulfide (the concentration exceeds the MAC_p by about 1000 times), chlorides (1.87 times), ammonium ions (1.7 times), iron (17.47 times), dry residue exceeds the permissible one by 1.67 times. The installation of a water quality improvement unit at the existing water treatment plant is scientifically substantiated, it includes a hydrogen sulfide oxidation reactor unit providing a residence time of 6.94 min, a thin-layer settler with brush loading for sedimentation of the hydrogen sulfide oxidation product and a combined pressure filter for removing salt-forming ions and iron. **Conclusions.** The use of groundwater in Yegorlykская village by water consumers of various categories without additional treatment is unacceptable. The improved engineering solutions for additional treatment of groundwater in the village of Yegorlykская are proposed, including a water quality improvement unit that ensures its compliance with regulatory requirements without increasing the area of the existing water treatment plant.

Keywords: water quality, agricultural water supply, groundwater, improved technical means of additional treatment

For citation: Maryash S. A., Drovovozova T. I. Justification for improving engineering solutions for groundwater treatment in Yegorlykская village. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2025;15(1):60–76. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-1-60-76>.

Введение. Согласно Постановлению Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации»¹ к одним из стратегических приоритетов в сфере реализации государственной программы в мелиора-

¹О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Рос. Федерации от 14 мая 2021 г. № 731. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

тивной отрасли относится удовлетворение потребностей сельского населения, объектов агропромышленного комплекса в качественных водных ресурсах. Источниками водных ресурсов для сельскохозяйственного водоснабжения могут быть как поверхностные, так и подземные воды. В большинстве сельских районов Ростовской области, Краснодарского края основным источником водных ресурсов для сельскохозяйственного водоснабжения являются подземные воды². Поэтому оценка качества и пригодности подземных вод для сельскохозяйственного водоснабжения – это актуальное и своевременное исследование, позволяющее усовершенствовать существующие технические решения водоочистки.

Особенности сельскохозяйственного водоснабжения – это удаленность друг от друга, малая численность населения сельских населенных пунктов, как следствие, небольшие объемы суточного потребления и его неравномерность; наличие станций водоподготовки только в крупных сельских населенных пунктах при отсутствии их централизованного канализования; отсутствие достаточных площадей на уже существующих муниципальных унитарных предприятиях – водоканалах в сельских поселениях для их модернизации [1–5].

Подземные воды, в отличие от поверхностных, характеризуются меньшей степенью загрязнения, однако им присущи избыточные количества железа, марганца, минерализация (сульфаты, гидрокарбонаты, магний), иногда избыточное количество сероводорода. Соответственно, перед непосредственным распределением воды по категориям водопользования необходимо провести оценку ее пригодности, т. е. соответствия ее качества установленным требованиям, а затем разрабатывать усовершенствованные технические решения водоочистки.

²О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году. Государственный доклад. М.: Минприроды России; МГУ имени М. В. Ломоносова, 2023. 686 с.

В связи с вышеизложенным, цель работы – провести оценку пригодности подземных вод станицы Егорлыкской Ростовской области для различных категорий водопотребителей в сельскохозяйственном водоснабжении, обосновать необходимость разработки блока улучшения качества воды (УКВ).

Материалы и методы. Объектом исследования являлись подземные воды станицы Егорлыкской, относящиеся к Азово-Кубанскому артезианскому бассейну. В этом бассейне подземные воды хозяйственно-питьевого назначения приурочены к отложениям четвертичного возраста, неогена и палеогена. Общие прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод составляют 552,0 тыс. м³/сут, в т. ч. с минерализацией до 1 г/л – 91,3 тыс. м³/сут, с минерализацией от 1 до 1,5 г/л – 112, 6 тыс. м³/сут [6].

С целью оценки пригодности подземных вод для различных категорий водопотребителей станицы Егорлыкской (сельское население, фермерские хозяйства, малые и средние перерабатывающие предприятия) исследовали подземные воды из 16 скважин, из которых попеременно вода подается в накопительный резервуар на станцию водоподготовки станицы Егорлыкской. Для исследования брали исходную воду из резервуара, имеющую усредненный химический состав.

Оценка пригодности подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения проводилась в сравнении с ПДК_{гв} согласно СанПиН 1.2.3685-21³, для поения животных – согласно требованиям ВНТП-Н-97⁴ и по агрохимическим показателям – по методикам, рекомендованным в работах

³Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]: СанПиН 1.2.3685-21: утв. Гл. гос. санитар. врачом Рос. Федерации 28.01.21: по состоянию на 30 дек. 2022 г. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

⁴Нормы расходов воды потребителей систем сельскохозяйственного водоснабжения [Электронный ресурс]: ВНТП-Н-97: утв. Минсельхозпродом России 14.02.95: введ. в действие с 01.04.97. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

С. Я. Бездниной, М. Ф. Буданова, А. J. Witkowski, M. Stansfury, а также ГОСТ 17.1.2.03-90^{5, 6} [7–10].

Согласно требованиям ВНТП-Н-97 для поения животных необходимо использовать воду питьевого качества. В случае невозможности соблюдения вышеуказанных требований допускается превышение нормативов по показателям: сухой остаток (минерализация), хлориды, сульфаты, общая жесткость, для некоторых видов животных (таблица 1).

Таблица 1 – Допустимое превышение отдельных показателей в воде для поения крупного рогатого скота, овец и коз³

Table 1 – Permissible excess of individual indicators in water for drinking cattle, sheep and goats³

Показатель	Единица измерения	Допустимое превышение показателей			
		КРС		Овцы, козы	
		Взрослые	Молодняк	Взрослые	Молодняк
Хлориды	мг/дм ³	600	400	2000	1500
Сульфаты	мг/дм ³	800	600	2400	1700
Минерализация	мг/дм ³	2400	1800	5000	3000
Общая жесткость	мг-экв/дм ³	18	14	45	30

Оценку качества воды в связи со степенью опасности засоления почв по сухому остатку и осолонцевания по показателю натриевого адсорбционного отношения SAR проводили по критериям, представленным в таблице 2^{5, 6} [7–10].

Оценку степени опасности развития процессов хлоридного засоления, магниевого осолонцевания и содообразования проводили согласно почвенно-мелиоративной классификации поливной воды, представленной в таблице 3^{5, 6} [7, 8].

⁵ГОСТ 17.1.2.03-90. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения [Электронный ресурс]. Введ. 1991-07-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

⁶Буданов М. Ф. Система и состав контроля за качеством природных и сточных вод при использовании их для орошения. Киев: Урожай, 1970. 48 с.

Таблица 2 – Критерии оценки качества воды в связи с опасностью засоления по минерализации и осолонцевания почв по уровню SAR [7, 8]

Table 2 – Criteria for assessing water quality in connection with the danger of salinization by soil mineralization and alkalization according to the SAR level [7, 8]

Минерализация воды, г/л	Опасность засоления почв по C	Опасность осолонцевания почв по уровню SAR			
		Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Менее 1	Низкая	8–10	15–18	22–26	Более 26
1–2	Средняя	6–8	12–15	18–22	Более 22
2–3	Высокая	4–6	9–12	14–18	Более 18
Более 3	Очень высокая	2–4	6–9	11–14	Более 14

Таблица 3 – Почвенно-мелиоративная классификация поливной воды по степени опасности развития процессов засоления, осолонцевания и содообразования [11]

Table 3 – Soil-reclamation classification of irrigation water according to the degree of danger of developing salinization, alkalization and soda formation processes [11]

Показатель	Класс качества воды			
	I	II	III	IV
Хлоридное засоление $[Cl^-]$	Менее 0,2	2,0–4,0	4,0–10,0	Более 10,0
Магниевое осолонцевание $\frac{[Mg^{2+}]}{[Ca^{2+}]}$	Менее 1,0	1,0–1,5	1,5–2,5	Более 2,5
Содообразование $([CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]) - ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])$	Менее 1,0	1,0–1,25	1,25–2,5	Более 2,5

Результаты и обсуждение. Основные потребители воды в станице Егорлыкской – сельское население, фермерские хозяйства с сельскохозяйственными животными численностью до 400 голов, тепличные хозяйства, малые перерабатывающие предприятия. Распределительная сеть в станице Егорлыкской объединенная и не предполагает разделения по категориям водопотребителей. Исходя из требований к качеству воды для различных категорий водопотребителей установлено, что наиболее жесткие требования предъявляются к питьевому водоснабжению, поэтому при разработке усовершенствованных технических решений очистки необходимо руководствоваться требованиями СанПиН 1.2.3685-21.

Оценка кратности превышения гидрохимических показателей, по

сравнению с нормативами предельно допустимых концентраций для вод хозяйственно-питьевого назначения (ПДК_{пв}), представлена в таблице 4 [12].

Таблица 4 – Кратность превышения концентраций гидрохимических показателей над предельно допустимыми в воде хозяйственно-питьевого назначения [12]

Table 4 – The ratio of excess of concentrations of hydrochemical indicators over maximum permissible values in water for domestic and drinking purposes [12]

Наименование показателя	Единица измерения	ПДК _{пв}	Кратность превышения, разы
Сухой остаток	мг/дм ³	1000	1,67
Хлориды	мг/дм ³	350	1,87
Жесткость	ммоль/дм ³	7	1,08
Магний	мг/дм ³	50	1,14
Аммоний	мг/дм ³	1,5	1,76
Железо общее	мг/дм ³	0,3	17,47
Цветность	градусы	20	1,3
Мутность	мг/дм ³	1,5	10,93
Сероводород H ₂ S	мг/дм ³	0,003	1230

Сравнительный анализ усредненного гидрохимического состава подземных вод показал, что вода при условии допустимых превышений показателей минерализации, общей жесткости, а также содержания хлоридов и сульфатов, приведенных в таблице 1, без предварительной очистки не может подаваться на фермы для поения животных (таблица 5).

Таблица 5 – Кратность превышения фактической концентрации отдельных показателей над допустимой в воде для поения крупного рогатого скота, овец и коз

Table 5 – The ratio of excess of the actual concentration of individual indicators exceeding the permissible concentration in drinking water for cattle, sheep and goats

Показатель	Соотношение фактической концентрации и допустимой			
	КРС		Овцы, козы	
	Взрослые	Молодняк	Взрослые	Молодняк
Хлориды	1,09	1,64	0,33	0,44
Сульфаты	0,28	0,38	0,095	0,13
Минерализация	0,7	0,93	0,33	0,56
Общая жесткость	0,42	0,54	0,17	0,25

Для расчета агрохимических показателей SAR, магниевого осолонцевания, хлоридного засоления, содообразования концентрации исследуемых показателей пересчитали из мг/дм³ в мг-экв/дм³.

Результаты мелиоративной оценки подземных вод станицы Егорлыкской представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты мелиоративной оценки подземных вод станицы Егорлыкской

Table 6 – Results of the reclamation assessment of groundwater in Yegorlykskaya village

Критерии оценки	Мелиоративный показатель				
	Минерализация	SAR	Хлоридное засоление	Магннеевое осолонцевание	Содообразование
Значения мелиоративных показателей	1672	11,35	18,45	1,63	–2,62
Характеристика воды	Опасность засоления средняя		Очень высокая	Высокая	Отсутствует
Класс качества	–	–	IV	III	I

Мелиоративная оценка подземных вод станицы Егорлыкской показала, что использование воды для полива приведет к натриевому осолонцеванию и хлоридному засолению почв. Следовательно, использовать воду для полива без корректировки ее химического состава также не допускается.

Оценка пригодности воды для хозяйственно-питьевых нужд сельского населения показала, что основными загрязнителями подземных вод являются: сероводород (концентрация превышает ПДК_{пв} примерно в 1000 раз), хлориды (в 1,87 раза), ионы аммония (в 1,7 раза), железо (в 17,5 раза). Также отмечено превышение минерализации в 1,67 раза по сравнению с нормативом СанПиН 1.2.3685-21 (см. таблицу 1) [12].

Таким образом, проведенный анализ показал, что использование воды без специальных приемов очистки для различных категорий сельскохозяйственных водопотребителей недопустимо.

В настоящее время в станице Егорлыкской реализуется технология водоподготовки, обеспечивающая только санитарно-эпидемиологическую

безопасность подаваемой воды путем ее обеззараживания раствором гипохлорита натрия с помощью установки «Хлорэфс» (рисунок 1).

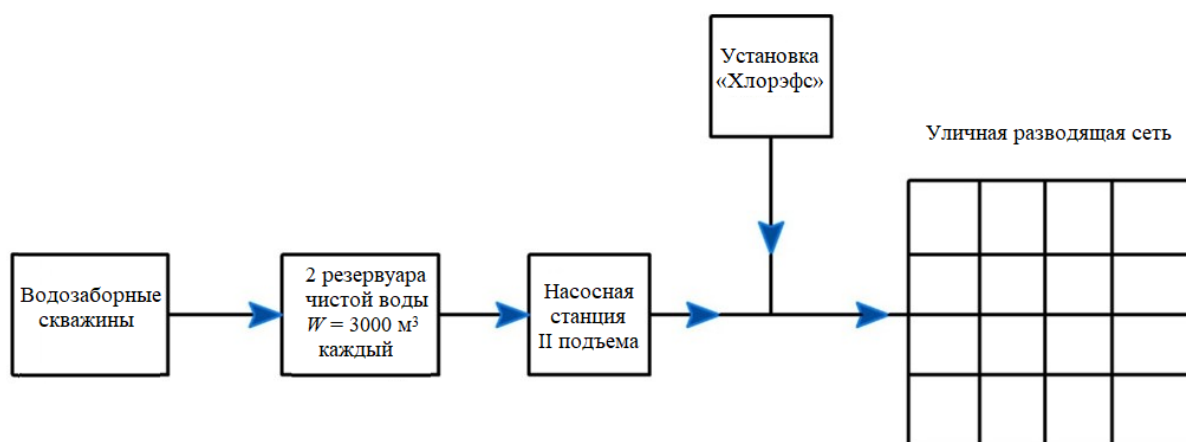


Рисунок 1 – Технологическая схема существующей технологии водоподготовки на водоочистой станции станции Егорлыкской
Figure 1 – Technological scheme of the existing water treatment technology at the water treatment plant of Yegorlykskaya village

Однако существующая технология водоподготовки не позволяет получать воду, соответствующую требованиям СанПиН 1.2.3685-21, ГОСТ 17.1.2.03-90. Кроме того, водоочистные сооружения расположены среди жилой застройки поселения. Реальная архитектура застройки не позволяет в дальнейшем увеличивать площадь водоочистой станции с целью размещения дополнительного оборудования для доочистки воды.

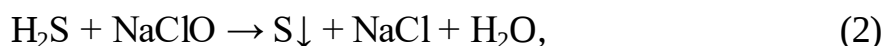
Исходя из вышеизложенного, для доведения воды до качества, удовлетворяющего требованиям различных категорий сельских водопотребителей, предложены усовершенствованные технические решения для ее доочистки, позволяющие разместить в пределах существующей территории станции блок УКВ. На рисунке 2 отмечено фактическое место размещения блока УКВ, реализующего усовершенствованные технические решения водоочистки.

В проведенных исследованиях установлены показатели, максимально превышающие ПДК_{пв}, на удаление которых направлена разработка технологии доочистки воды на действующей станции водоподготовки.



Рисунок 2 – Карта очистной станции с указанием фактического места размещения блока улучшения качества воды
Figure 2 – Map of the treatment plant indicating the actual location of the water quality improvement unit

Установлено максимальное превышение ПДК в воде показателя сероводорода (в 1230 раз). В настоящее время для удаления сероводорода из воды применяются два типа окислителя – хлорсодержащие реагенты (уравнения (1) и (2)) и пероксид водорода H_2O_2 (уравнение (3)):



Исследование первой группы окислителей показало, что в процессе окисления хлорсодержащими реагентами происходит увеличение концентрации хлорид-ионов, содержание которых в исходной воде превышено в 1,87 раза по сравнению с ПДК_{пв}. Поэтому их применение в данном процессе недопустимо. При окислении сероводорода H_2O_2 продуктом восстановления является вода, поэтому при разработке технологии очистки воды в качестве окислителя выбран H_2O_2 . Исследованиями установлено время протекания реакции окисления H_2S раствором пероксида водорода в стехиометрическом соотношении 1:1, которое составило 6,94 мин (416,4 с) [13].

Рассчитано количество товарного раствора пероксида водорода, необходимое для обезвреживания различных форм сероводорода в воде при их содержании от 1 до 5 мг/дм³, оно составило от 3 до 63,7 см³ на 1 дм³ обрабатываемой воды.

Согласно уравнению (3) в процессе окисления образуется высокодисперсная сера, требующая удаления. Была изучена кинетика процесса осаждения высокодисперсных примесей серы в воде, в результате получены кривые осаждения взвеси, позволяющие определить расчетные скорости седиментации, обеспечивающие требуемый эффект осветления воды, а также время пребывания воды в отстойниках. Была разработана и научно обоснована конструкция тонкослойного отстойника с ершовой загрузкой в средней части тонкослойного модуля, эффективность очистки в нем достигается при использовании ершовой загрузки при скорости движения воды по сооружению, равной 40 мм/с.

Соответственно, по данным исследований в технологической схеме предусмотрены смеситель вертикального типа и блок тонкослойного отстаивания.

Согласно данным таблицы 4 в исходной воде установлено превышение содержания железа в 17,47 раза, оно находится в воде в виде простых ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} , а также в виде хелатных комплексов с органическими соединениями, присутствующими в воде, которые препятствуют высвобождению ионов железа и соответственно их полному удалению. Кроме того, в исходной воде установлено превышение показателя «сухой остаток» и соответственно солеобразующих ионов в 1,67 раза. Обнаруженные превышения и свободные площади на действующей станции привели к необходимости разработки и научного обоснования конструкции комбинированного напорного фильтра, позволяющего разрушать хелатные комплексы и удалять вышеуказанные ионы, тем самым доводя воду до питьевого качества.

Экспериментально установлена высота слоев угольной загрузки для

удаления железа на I и II ступенях фильтрования, они составили 0,8 м каждый, объем ионитовых смол рассчитывался исходя из полной статической обменной емкости ионита и концентрации солеобразующих ионов в воде.

Блок УКВ включает реакторную установку 3 и смеситель вертикального типа 4 для проведения окислительных процессов, тонкослойный отстойник 5 для осаждения высокодисперсных частиц, комбинированный напорный фильтр для адсорбционной и ионообменной очистки воды, а также необходимое оборудование для реагентного хозяйства (рисунок 3).

Эффективность очистки воды, прошедшей блок УКВ, подтверждена физико-химическими исследованиями ее качества до очистки и после нее. Результаты исследований представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Химический состав исследуемой воды, поступающей на блок улучшения качества воды, и после очистки

Table 7 – Chemical composition of tested water, entering the water quality improvement unit, and after treatment

Показатель	Единица измерения	ПДК _{пв} , норматив	Значение показателя	
			На входе в блок УКВ	После очистки через блок УКВ
Запах	баллы	2	2	0
Цветность	градусы	20	21	16
Мутность	мг/дм ³	1,5	0,99	0,42
рН среды	ед. рН	6,0–9,0	8,09	8,09
Взвешенные вещества	мг/дм ³	н/н	< 3,0	< 3,0
Сухой остаток	мг/дм ³	1000	1672	619,36
Хлориды	мг/дм ³	350	655,1	183,84
Сульфаты	мг/дм ³	500	227,78	175,06
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	н/н	308,15	123,26
Жесткость	ммоль/дм ³	≤ 7	7,6	3,79
Кальций	мг/дм ³	н/н	58,1	27,89
Магний	мг/дм ³	50	57,1	29,12
Натрий	мг/дм ³	200	516,3	165,22
Аммоний	мг/дм ³	1,5	2,64	< 0,001
Нитриты	мг/дм ³	3,3	0,215	< 0,001
Нитраты	мг/дм ³	45	9,92	< 0,001
Железо общее	мг/дм ³	0,3	5,24	0,25
H ₂ S	мг/дм ³	0,003	2,80	0,0
н/н – не нормируется.				

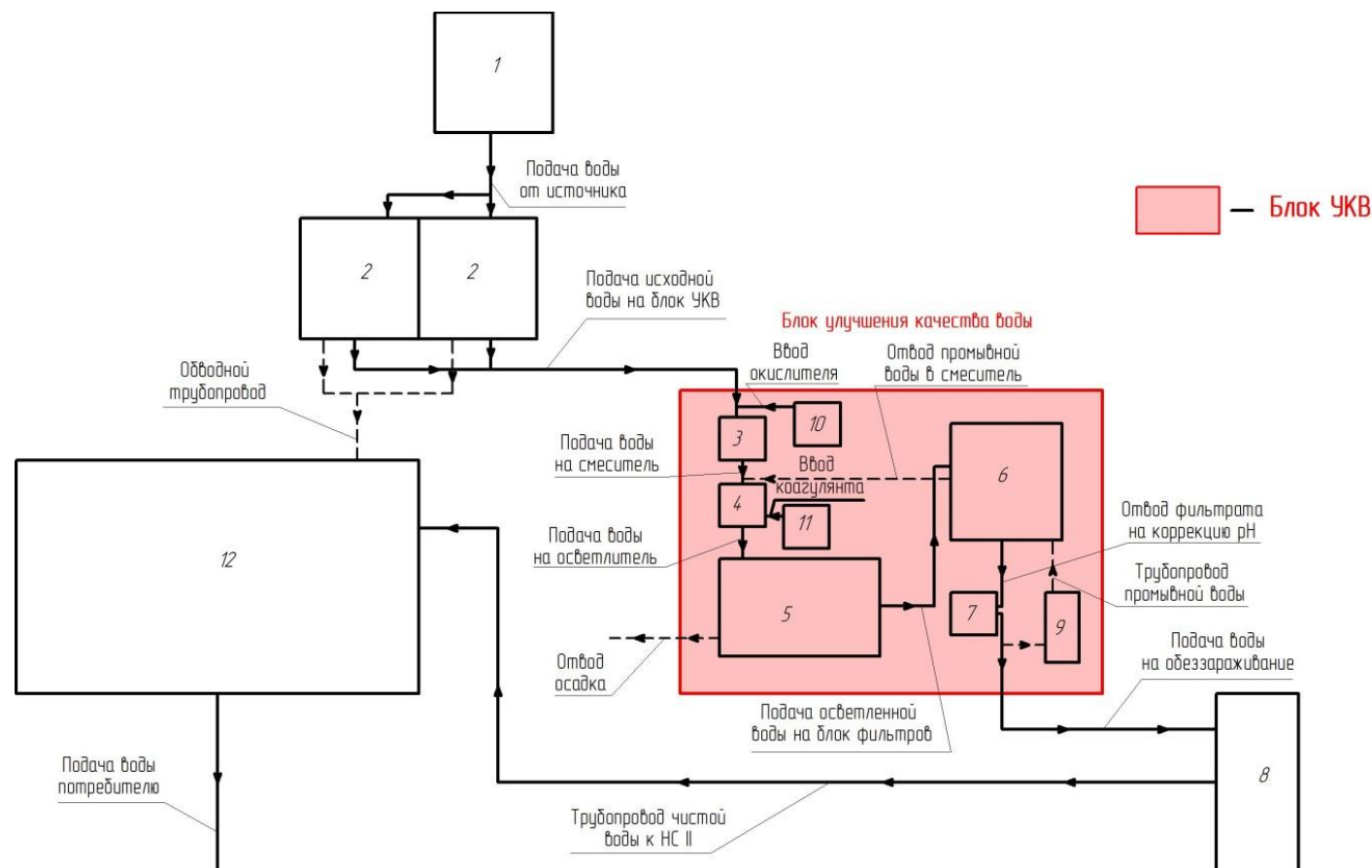


Рисунок 3 – Схема усовершенствованных технических решений для доочистки подземных вод станции Егорлыкской [12]

Figure 3 – Scheme of improved engineering solutions for additional groundwater treatment in Yegorlyk village [12]

Анализ полученных данных показал высокую эффективность работы блока УКВ.

Выводы. Проведена оценка пригодности подземных вод станицы Егорлыкской для сельскохозяйственного водоснабжения, показавшая, что качество воды для поения животных не соответствует требованиям ВНТП-Н-97 по содержанию хлоридов, оно превышает норму в 1,1–1,6 раза. Использование воды для полива без доочистки приведет к натриевому осолонцеванию и хлоридному засолению почв. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения вода не соответствует ПДК_{пв} по ряду нормативов: сухой остаток превышен в 1,67 раза, содержание хлоридов – в 1,87 раза, ионов аммония – в 1,7 раза, железа – в 17,47 раза, сероводорода – в 1000 раз.

Использование подземных вод станицы Егорлыкской водопотребителями различных категорий без доочистки недопустимо.

По результатам исследований обоснован выбор в качестве окислителя пероксида водорода для окисления сероводорода, изучено время протекания процесса, составившее 6,94 мин. Разработанная конструкция реакторной установки для окисления включена в блок улучшения качества воды. Для удаления продукта окисления сероводорода – высокодисперсной серы изучена кинетика ее осаждения и научно обоснована конструкция тонкослойного отстойника с ершовой загрузкой при скорости движения воды по сооружению, равной 40 мм/с.

Для снижения содержания солеобразующих ионов и показателя «железо общее» предложено использовать в блоке улучшения воды комбинированный напорный фильтр, состоящий из слоев угольной загрузки для удаления железа, высота которых составит 1,6 м, и слоев, загруженных ионитовыми смолами, объем которых определяется исходя из их статической обменной емкости и концентраций ионов-загрязнителей.

Предложены усовершенствованные технические решения для доочистки подземных вод станицы Егорлыкской, включающие блок улучшения

качества воды, обеспечивающий ее доведение до нормативных требований без увеличения площади действующей станции водоподготовки.

Список источников

1. Скияренко 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(204). С. 98–103. DOI: 10.23683/0321-3005-2019-4-98-103. EDN: QIQXRH.
2. Назаренко О. В. Проблемы водоснабжения на территории Ростовской области // Теоретические и прикладные проблемы географической науки: демографический, социальный, правовой, экономический и экологический аспекты: материалы междунар. науч.-практ. конф. Т. 1. Воронеж, 2019. С. 290–293. EDN: TDOVJH.
3. Сазонов А. Д., Комаров Р. С., Нижельский М. С. Оценка эффективности водопользования в Ростовской области // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XV Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф., г. Киров, 18 мая 2020 г. Кн. 1. Киров: ВятГУ, 2020. С. 8–12. EDN: FPAASF.
4. Михеева И. В. Водные объекты и состояние водоснабжения на территориях Южного федерального округа // Технологии очистки воды «Техновод-2019»: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., г. Москва, 22–23 окт. 2019 г. Новочеркасск: Лик, 2019. С. 74–83. EDN: LRXMUI.
5. Куделькин Н. С. Подземные воды: особенности правового регулирования // Право и государство: теория и практика. 2017. № 12(156). С. 99–104. EDN: YW XVNH.
6. Дрововозова Т. И., Тесаловская Д. В., Дрововозова Г. С. Геоэкологическая оценка подземных вод Ростовской области // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. 2018. № 3(50). С. 112. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5096 (дата обращения: 05.10.2024). EDN: YRQOAH.
7. Безднина С. Я. Качество воды для орошения. Принципы и методы оценки. М.: Рома, 1997. 185 с. EDN: SZUUEV.
8. Мелиорация и водное хозяйство. Т. 6. Орошение: справочник / под ред. Б. Б. Шумакова. М.: Агропромиздат, 1990. 415 с.
9. Groundwater vulnerability assessment and mapping / ed. by A. J. Witkowski, A. Kowalczyk, J. Vrba. IAH-Selected Papers. Vol. 11. London: Taylor and Francis, 2007. 260 p.
10. Stansfury M. Irrigation and water quality United States perspective // Trans. 14th Congress on Irrigation and Drainage. 1998. 1(13). P. 585–594.
11. Дрововозова Т. И., Паненко Н. Н., Манжина С. А. Оценка пригодности воды из открытых коллекторов Семикаракорского района Ростовской области для орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 154–169. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1144> (дата обращения: 05.10.2024). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-154-169. EDN: JXWLR.
12. Марьяш С. А., Дрововозова Т. И., Картузова Т. Д. Ресурсосберегающая технология очистки подземных вод // Технологии очистки воды «Техновод-2017»: материалы X Юбилейн. междунар. науч.-практ. конф., г. Астрахань, 5–6 окт. 2017 г. Новочеркасск: Лик, 2017. С. 119–125. EDN: YRFXWK.
13. Марьяш С. А., Дрововозова Т. И., Дрововозова Г. С. Технические решения очистки подземных вод, содержащих сероводород // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. 2018. № 2(49). С. 199. URL: <http://w.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4969> (дата обращения: 05.10.2024). EDN: YATGMH.

References

1. Sklyarenko G.Yu., Zakrutkin V.E., 2019. *Podzemnye vody Rostovskoy oblasti: faktory zagryazneniya i otsenka kachestva* [Underground water of Rostov region: features of pollution and quality]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Yestestvennye nauki* [Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Series: Natural Sciences], no. 4(204), pp. 98-103, DOI: 10.23683/0321-3005-2019-4-98-103, EDN: QIQXRH. (In Russian).
2. Nazarenko O.V., 2019. *Problemy vodosnabzheniya na territorii Rostovskoy oblasti* [Problems of water supply in Rostov region]. *Teoreticheskie i prikladnye problemy geograficheskoy nauki: demograficheskiy, sotsial'nyy, pravovoy, ekonomicheskoy i ekologicheskoy aspekty: materialy mezhdunar. nauchno-prakt. konferentsii* [Theoretical and Applied Problems of Geographical Science: Demographic, Social, Legal, Economic and Environmental Aspects: Proc. of the International Scientific and Practical Conference]. Vol. 1, Voronezh, pp. 290-293, EDN: TDOVJH. (In Russian).
3. Sazonov A.D., Komarov R.S., Nizhelsky M.S., 2020. *Otsenka effektivnosti vodopol'zovaniya v Rostovskoy oblasti* [Assessment of the water use efficiency in Rostov region]. *Ekologiya rodnogo kraya: problemy i puti ikh resheniya: materialy XV Vserossiyskoy s mezhdunar. uchastiem nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Ecology of the Native Land: Problems and Ways to Solve Them: Proc. of the XV All-Russian with International Participation Scientific-Practical Conference]. Kirov, bk. 1, Vyatka State University, pp. 8-12, EDN: FPAASF. (In Russian).
4. Mikhееva I.V., 2019. *Vodnye ob"ekty i sostoyanie vodosnabzheniya na territoriyakh Yuzhnogo federal'nogo okruga* [Water bodies and state of water supply within the territory of the Southern Federal District]. *Tekhnologii ochistki vody «Tekhnovod-2019»: materialy XII Mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Water Purification Technologies «Tekhnovod-2019»: Proc. of the XII International Scientific-Practical Conference]. Novocherkassk, Lik Publ., pp. 74-83, EDN: LRXMUI. (In Russian).
5. Kudelkin N.S., 2017. *Podzemnye vody: osobennosti pravovogo regulirovaniya* [Groundwater: peculiarities of legal regulation]. *Pravo i gosudarstvo: teoriya i praktika* [Law and State: Theory and Practice], no. 12(156), pp. 99-104, EDN: YWXVNH. (In Russian).
6. Drovovozova T.I., Tesalovskaya D.V., Drovovozova G.S., 2018. [Geoecological assessment of groundwater in Rostov region]. *Inzhenernyy vestnik Dona*, no. 3(50), p. 112, available: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5096 [accessed 05.10.2024], EDN: YRQOAH. (In Russian).
7. Bezdina S.Ya., 1997. *Kachestvo vody dlya orosheniya. Printsipy i metody otsenki* [Water Quality for Irrigation. Principles and Assessment Methods]. Moscow, Roma, 185 p., EDN: SZUUEV. (In Russian).
8. Shumakov B.B. (ed.), 1990. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. T. 6. Oroshenie: spravochnik* [Land Reclamation and Water Management. Vol. 6. Irrigation: reference book]. Moscow, Agropromizdat Publ., 415 p. (In Russian).
9. Witkowski A.J., Kowalczyk A., Vrba J. (eds.), 2007. *Groundwater Vulnerability Assessment and Mapping. IAH-Selected Papers. Vol. 11*, London, Taylorand Francis, 260 p.
10. Stansfury M., 1998. Irrigation and water quality United States perspective. *Trans. 14th Congress on Irrigation and Drainage*, 1(13), pp. 585–594.
11. Drovovozova T.I., Panenko N.N., Manzhina S.A., 2020. [Assessment of water availability from open collectors for irrigation in Semikarakorsk district Rostov region]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 3(39), pp. 154-169, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1144> [accessed 05.10.2024], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-154-169, EDN: JXWLR. (In Russian).

12. Maryash S.A., Drovovozova T.I., Kartuzova T.D., 2017. *Resursosberegayushchaya tekhnologiya ochistki podzemnykh vod* [Resource-saving technology for groundwater purification]. *Tekhnologii ochistki vody «Tekhnovod-2017»: materialy X Yubileynoy mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Water Purification Technologies «Tekhnovod-2017»: Proc. of the X Anniversary International Scientific-Practical Conference]. Novocherkassk, Lik Publ., pp. 119-125, EDN: YRFXWK. (In Russian).

13. Maryash S.A., Drovovozova T.I., Drovovozova G.S., 2018. [Technical solutions for treatment of underground waters containing hydrogen sulfide]. *Inzhenernyy vestnik Dona*, no. 2(49), p. 199, available: <http://w.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4969> [accessed 05.10.2024], EDN: YATGMH. (In Russian).

Информация об авторах

С. А. Марьяш – научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, smar-78@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5561-9714;

Т. И. Дрововозова – ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, доцент, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, tid70.drovovozova@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8724-7799; WoS Research ID: ABH-4873-2020.

Information about the authors

S. A. Maryash – Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, smar-78@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5561-9714;

T. I. Drovovozova – Leading Researcher, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, tid70.drovovozova@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8724-7799, WoS Research ID: ABH-4873-2020.

Вклад авторов: С. А. Марьяш – сбор и обработка исходных данных, формирование задач исследований, анализ результатов исследований, написание статьи. Т. И. Дрововозова – формирование основной идеи статьи, участие в постановке цели исследований, формулировании выводов, научное редактирование статьи.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: S. A. Maryash – collection and processing initial data, formation of the research tasks, analysis of research results, writing the article. T. I. Drovovozova – formation of the main idea of the article, participation in setting the research goal, formulating conclusions, scientific editing of the article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 25.10.2024; одобрена после рецензирования 13.02.2025; принята к публикации 17.03.2025.

The article was submitted 25.10.2024; approved after reviewing 13.02.2025; accepted for publication 17.03.2025.