

*Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2023. Вып. 3 (143). С. 146-155.
ISSN 1998-8443 (print)*

*Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products. 2023. Issue 3 (143). P. 146-155.
ISSN 1998-8443 (print)*

Научная статья

УДК 628.316:622.24

doi: 10.17122/ntj-oil-2023-3-146-155

EDN: YIBJKA

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБА ОЧИСТКИ БУРОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ПУТЕМ ОТСТАИВАНИЯ И ФИЛЬТРАЦИИ

Тамара Алексеевна Гамм¹, Елена Васильевна Гривко², Алексей Абрамович Гамм³

^{1, 2}Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

³Министерство природных ресурсов, экологии и имущественных отношений
Оренбургской области, Оренбург, Россия

¹hammtam@mail.ru

²grivko-ev@mail.ru

³kot82@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Тамара Алексеевна Гамм, hammtam@mail.ru

Аннотация. Статья актуальна для районов добычи углеводородного сырья в связи с нерешенностью проблемы очистки буровых сточных вод от механических примесей для повторного их использования в технологическом процессе. Обобщен имеющийся научный опыт по исследованию методов очистки. Предложена схема очистки буровых сточных вод от механических примесей из двух стадий очистки - отстаивание и фильтрация через различные материалы для загрузки фильтров: опилки, торф, грунт (суглинок средний), зола, крахмал, уголь древесный, марля, синтепон (легкий, объемный, упругий нетканый материал), пенополиуретан (мягкая ячеистая синтетическая

пена с высокими показателями эластичности и воздухопроницаемости). Исследованы в качестве загрузки девять различных материалов, а также различные их комбинации. Показано, что грунт, зола, крахмал, торф и уголь древесный были очищены от посторонних примесей и измельчены до мелкодисперсного состояния. Фоновым вариантом для расчета эффективности очистки служил фактический химический состав буровых сточных вод. Установлена возможность очистки сточных вод методом отстаивания и последующей фильтрации с использованием в качестве загрузки отходов производства в различных комбинациях.

Ключевые слова: отстаивание и фильтрование, дисперсность загрузки фильтров, микро-частицы, однослойные и многослойные загрузки, эффективность очистки буровых сточных вод, механические примеси

Для цитирования: Гамм Т. А., Гривко Е. В., Гамм А. А. Изучение способа очистки буровых сточных вод от механических примесей путем отстаивания и фильтрации // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2023. Вып. 3 (143). С. 146-155. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2023-3-146-155>.

Original article

STUDY OF THE METHOD OF DRILLING WASTE WATER TREATMENT FROM MECHANICAL IMPURITIES BY SEDIMENTATION AND FILTRATION

Tamara A. Gamm¹, Elena V. Grivko², Alexey A. Gamm³

^{1, 2}Orenburg State University, Orenburg, Russia

³Ministry of Natural Resources, Ecology and Property Relations of the Orenburg Region, Orenburg, Russia

¹hammtam@mail.ru

²grivko-ev@mail.ru

³kot82@mail.ru

Corresponding author: **Tamara A. Gamm**, hammtam@mail.ru

Abstract. The problem of treatment of drilling wastewater from mechanical impurities and its reuse for technological process is unresolved. The study summarizes results of researches in drilling wastewater treatment methods. It is relevant for areas of extraction of hydrocarbon raw materials. The authors suggest applying a scheme of treating drilling wastewater from mechanical impurities consisting of two stages of purification - sedimentation

and filtration through various materials for loading filters: sawdust, peat, soil (medium loam), ash, starch, household dust (a mixture microorganisms), charcoal, gauze, polyester wadding (light, voluminous, elastic nonwoven fabric), foam rubber (soft cellular synthetic foam with high elasticity and breathability). Soil, ash, starch, peat and coal were cleaned from impurities and ground to a fine state. Eleven individual materials and their various combinations were

studied as filter loads. The tests were replicated three times. Untreated drilling wastewater served as a control background sample for calculating efficiency. The possibility of wastewater treatment by sedimentation and subsequent fil-

tration using industrial waste as a loading material for filter was researched. It was found out that treatment efficiency increases when wastes used in filters are grinded to microparticles.

Keywords: sedimentation and filtration, dispersion of filter loading, microparticles, single-layer and multi-layer loading, efficiency of drilling wastewater treatment, mechanical impurities

For citation: Gamm T. A., Grivko E. V., Gamm A. A. Izucheniye sposoba ochistki burovyykh stochnykh vod ot mekhanicheskikh primesey putem otstaivaniya i fil'tratsii [Study of the Method of Drilling Waste Water Treatment from Mechanical Impurities by Sedimentation and Filtration]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2023, Issue 3 (143), pp. 146-155. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2023-3-146-155>.

Развитие нефтяной и газовой промышленности увеличивает долю отходов в общем их количестве России. В Государственных балансах углеводородного сырья по Оренбургской области учтено 187 нефтяных, 7 газоконденсатных, 19 нефтегазоконденсатных, 8 газовых, 2 нефтегазовых, 26 газонефтяных месторождений. При бурении одной скважины образуются более 1,5 тыс. м³ производственно-технических отходов, представленных буровыми шламами, отработанными буровыми растворами и буровыми сточными водами.

Повторное использование буровых сточных вод на месторождениях для приготовления буровых растворов является проблемой отчасти из-за очистки буровых сточных вод от механических примесей. Бурение скважин в нефтяной и газовой промышленности является экологически опасным видом деятельности, и обеспечение экологической

безопасности работ имеет большое значение. Методы безопасного обращения с отходами бурения рассмотрены рядом авторов [1, 2].

Буровые сточные воды имеют сложный состав, так как буровой раствор содержит различные реагенты и наполнители в соответствии с требованиями при проходке скважин, а также углеводороды и механические примеси, поступающие из продуктивных пластов, что отмечает ряд исследователей [3-5]. Для бурения скважин используется техническая вода при приготовлении буровых растворов, но качество воды изменяется в технологическом процессе, поэтому необходимо, в первую очередь, исключить токсичные реагенты из буровых сточных вод [6].

Требования, предъявляемые к водам для таких технических нужд бурения, говорят, что воды должны характеризоваться содержанием взвешенных веществ не более 250 мг/л.

Вопросам очистки буровых сточных вод посвящен ряд научных работ, где приведены результаты исследований и рассмотрены различные способы очистки [7-10], а также авторами [11]. Однако в связи со сложностью состава буровых сточных вод единого универсального способа их очистки не разработали [12]. Особенно сложно очищать буровые сточные воды от тонких механических примесей, поскольку их исключить из сточных вод при бурении невозможно.

Целью данной работы является изучение влияния отстаивания и фильтрации с использованием отходов на эффективность очистки буровых сточных вод от механических примесей.

Для исследования были взяты буровые сточные воды из шламового амбара скважины Кашаевского месторождения нефти, расположенного в Бузулукском районе Оренбургской области.

Исследования по очистке буровых сточных вод проводили в лабораторных условиях. Для исследований использовали буровые сточные воды нефтяного месторождения без предварительной подготовки. Буровые сточные воды были темно-серого цвета, мутные, содержали тонкие механические примеси и взвесь. Перед проведением исследований была произведена нейтрализация сероводорода (2 класс опасности) медным купоросом (CuSO_4).

Общая схема эксперимента состояла из двух стадий очистки: отстаивание и фильтрование. Очистка сточных вод изучалась методом фильтрации через различные материалы.

Схема эксперимента предусматривала девять материалов для загрузки фильтров: опилки, торф, грунт - суглинок средний, зола, модифицированный крахмал, уголь древесный, марля, синтепон - легкий, объемный, упругий нетканый материал, пенополиуретан-мягкая ячеистая синтетическая пена с высокими показателями эластичности и воздухопроницаемости.

Грунт, зола, крахмал, торф и уголь были очищены от посторонних примесей и измельчены до мелкодисперсного состояния.

В качестве загрузки использовали как отдельные материалы, так и различные их комбинации.

Каркасом для фильтров послужили керамические воронки объемом 0,2 л, установленные на керамические кружки. Исследования проводили трехкратным повторением для каждого типа загрузки фильтра. Фоном служили сточные воды до очистки. Очищенные от механических примесей и неочищенные буровые сточные воды отбирали и выпаривали в сушильном шкафу, а затем рассчитывали эффективность очистки буровых сточных вод. Буровые сточные воды содержат буровой раствор и различные механические примеси пород, полученных в ходе бурения скважин. Крупные примеси легко отделяются, а тонкие примеси породы и бурового раствора остаются в сточных водах. Наиболее экономичным способом очистки сточных вод является механический способ.

Мы рассмотрели фильтрование сточных вод и различные загрузки фильтров для очистки сточных вод от механических примесей после отстаивания.

Эффективность первой стадии очистки буровых сточных вод методом отстаивания представлена в таблице 1.

Механический способ очистки основан на процессах гравитационного осаждения механических взвешенных частиц в жидкости при отстаивании, чем крупнее примеси, тем эффективнее отстаивание. Однако не все примеси осаждаются при отстаивании, остаются взвешенные вещества. Буровые сточные воды сначала отстаивали, а потом, на второй стадии очистки, фильтровали через фильтры с загрузками различной степени дисперсности.

Результаты оценки эффективности очистки буровых сточных вод визуальным методом при отстаивании представлены в таблице 2.

Таблицы 1. Определение эффективности отстаивания буровых сточных вод

Tables 1. Determination of the efficiency of drilling wastewater sedimentation

Наименование пробы буровых сточных вод	Период отстаивания, сут	Концентрация примесей, г/л	Эффективность отстаивания, %
Проба буровых сточных вод до отстаивания	-	190,71	-
Проба буровых сточных вод после отстаивания	1	164,20	13,90
	2	134,95	29,24
	3	130,16	31,75
	4	129,88	31,90

Таблица 2. Результаты оценки эффективности очистки буровых сточных вод визуальным методом

Table 2. Results of evaluation of efficiency of drilling waste water treatment by visual method

Загрузка	Толщина загрузки, см	Качественные показатели сточных вод после фильтрации (оценка визуальным методом)
Однослойные загрузки фильтров		
Опилки	2	Серая, мутная
Опилки	2,5	Серая, мутная
Торф	1,5	Темно-серая, очень мутная
Торф	2	Темно-серая, очень мутная
Грунт	1	Светлая, опалесцирующая
Зола	1	Серая, слабо-мутная
Крахмал	1	Темно-серая, очень мутная
Уголь древесный	0,5	Темно-серая, очень мутная
Марля	3 слоя	Темно-серая, очень мутная
Синтепон	2 слоя	Темно-серая, очень мутная
Синтепон	3 слоя	Темно-серая, очень мутная
Пенополиуретан	0,5	Серая, мутная
Пенополиуретан	1	Серая, мутная
Двухслойные загрузки фильтров		
Опилки	2	Темно-серая, очень мутная
Крахмал	0,5	
Крахмал	1	Серая, слабо-мутная
Зола	1,5	
Зола	1	Серая, слабо-мутная
Уголь	0,5	
Трехслойная загрузка фильтров		
Торф	1	Серая, слабо-мутная
Зола	0,5	
Грунт	1	
Четырехслойная загрузка фильтров		
Опилки	0,3	Светлая, опалесцирующая
Торф	0,8	
Опилки	1,5	
Пенополиуретан	4.0	

Результаты оценки эффективности очистки буровых сточных вод визуальным методом показали следующее.

После фильтрования окраска очищенных сточных вод была серой и темно серой, непрозрачной, различной степени мутности.

Наибольший эффект очистки получен в вариантах с загрузкой грунтом и четырехслойной загрузкой фильтров (опилки, торф, опилки, пенополиуретан), окраска была светлая опалесцирующая. Это связано с тем, что механические примеси остаются на фильтре, а опалесцирующую окраску сточным водам придают крупные молекулы модифицированного крахмала и бишофита, используемые при приготовлении бурового раствора.

Результаты расчета эффективности очистки буровых сточных вод методом фильтрования через различные материалы и комбинации материалов в качестве загрузки фильтров представлена в таблице 3.

Для очистки буровых сточных вод в эксперименте использовали загрузку, в том числе из грунта, золы, крахмала и угля в виде микрочастиц, чтобы увеличить поверхность соприкосновения со сточными водами. Когда берут крупные частицы грунта, золы, крахмала и угля, они сорбируют примеси только на поверхности частиц. Поэтому образование микрочастиц повышает сорбционную поверхность загрузки, способствует в большем объеме протеканию физико-химических реакций. При этом толщина загрузки влияет на сорбционную емкость фильтра.

Торф (толщина слоя 1,5 см) и опилки (толщина слоя 2,0 см) малоэффективны при очистке сточных вод, эффективность составляет 13,142 % для торфа и 12,647 % для опилок, но при увеличении толщины загрузки торфа до 2,0 см и опилок до 2,5 см их эффективность увеличивается соответственно на 20,865 % и 24,401 %.

Марля, пенополиуретан и синтепон также имеют рыхлую структуру и низкую эф-

фективность очистки сточных вод, при этом используются в качестве нижнего слоя загрузки для удерживания микрочастиц загрузки и сточных вод.

Наибольшую эффективность очистки показали однослойные загрузки - грунт (75,074 %) и зола (55,840 %) с подстилающей поверхностью из пенополиуретана или синтепона.

Грунт с нарушенной кристаллической решеткой минералов, и измельченная зола с увеличенной поверхностью повышают эффективность очистки микрочастицами. Еще более эффективна двухслойная загрузка крахмал и зола (81,182 %), но слишком дорогостоящая.

Самым эффективным способом стала четырехслойная комбинированная загрузка опилки - торф - опилки - пенополиуретан (89,897 %).

Таким образом, по результатам исследования можно предложить две схемы очистки буровых сточных вод от механических примесей.

Первая схема - отстаивание 3-5 сут, фильтрование с использованием однокомпонентной загрузки из грунта (суглинок средний) в виде микрочастиц.

Вторая схема - отстаивание 3-5 сут, фильтрование с использованием четырехкомпонентной загрузки: пенополиуретан - опилки - торф измельченный - повторный слой опилок.

Данные схемы имеют высокую степень очистки. При этом преимуществом данных схем является дешевые материалы и простота технического оборудования, а также схемы позволяют использовать вторично такие общедоступные отходы, как грунт и опилки.

Данные схемы очистки имеют практическую значимость, поскольку позволяют проводить очистку сточных вод в полевых условиях на месторождениях.

Таблица 3. Эффективность очистки буровых сточных вод методом фильтрования через различные материалы и комбинации материалов в качестве загрузки фильтров

Table 3. Efficiency of drilling waste water treatment by filtering through different materials and combinations of materials as filter loading

Материал загрузка фильтров. Толщина загрузки фильтра	Объем очищенных буровых сточных вод на выпарива- ние, мл	Концентрация взвешенных веществ, г/л	Эффективность очистки буровых сточных вод, %
Однослойные загрузки фильтров			
Опилки, 2,0 см	15	49,413	12,647
Торф, 1,5 см	15	49,133	13,142
Грунт (суглинок средний)	10	14,1	75,074
Зола	10	24,98	55,840
Торф, 2,0 см	20	37,33	34,007
Опилки, 2,5 см	20	35,61	37,048
Марля,4 слоя	7,5	135,067	20,173
Пенополиуретан, 0,5 см	10	1,17	10,11
Пенополиуретан, 1,0 см	10	1,032	20,71
Синтепон, 2 слоя	10	1,2065	7,31
Синтепон, 3 слоя	10	1,1044	15,15
Двухслойные загрузки фильтров			
Опилки	15	43,867	22,451
Крахмал			
Крахмал	13	10,645	81,182
Зола			
Зола	10	34,19	39,558
Уголь древесный			
Торф	15	33,386	40,980
Зола			
Грунт			
Четырехслойные загрузки фильтров			
Опилки	20	5,715	89,897
Торф			
Опилки			
Пенополиуретан			

Выводы

1. Результаты исследований показали возможность очистки буровых сточных вод методом фильтрации после отстаивания с использованием в качестве загрузки фильтров отходов производства.

2. Загрузка фильтров из золы, крахмала, торфа и угля древесного увеличивает эффективность очистки при измельчении отходов до микрочастиц.

3. Наиболее эффективны фильтры с загрузкими:

- однослойная загрузка - грунт, эффективность очистки составила 75,074 %;

- двухслойная загрузка - крахмал-зола, эффективность очистки составила 81,182 %;

- многослойная загрузка - пенополиуретан - опилки - торф - опилки, эффективность очистки составила 89,987 %.

Список источников

1. Король В.В., Позднышев Г.Н., Манырин В.Н. Утилизация отходов бурения скважин // Экология и промышленность России. 2005. № 1. С. 40-42. EDN: JWIZIH.

2. Ягафарова Г.Г., Барахнина В.Б. Утилизация экологически опасных буровых отходов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2006. № 1. С. 38. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Yagafarova/Yagafarova_2.pdf (дата обращения: 25.04.2023). EDN: TWWNWB.

3. Боровский Н.А. Изменение гидрохимических показателей воды при попадании буровых компонентов // Газовая промышленность. 1990. № 6. С. 30-38.

4. Завьялов В.С. Очистка потока воды от нефтепродуктов в природных условиях // Безопасность жизнедеятельности. 2006. № 10. С. 34-35.

5. Мельник И.В., Чиник И.И. Детоксикация отработанных буровых растворов и буровых шламов // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2008. № 3 (44). С. 166-169. EDN: ISCRLX.

6. Яровой И.А., Кузнецова М.И. Совершенствование технологии приготовления буровых растворов // Инновации в науке. 2013. № 17. С. 11.

7. Тарасенков Н.В., Панов В.П. Повышение эффективности очистки нефтезагрязнённых сточных вод на флотационных установках // Экология и промышленность России. 2005. № 6. С. 28-29. EDN: JWJAFT.

8. Жуков А.И. Методы очистки производственных сточных вод. М.: Стройиздат, 1977. 208 с.

9. Жигульский В.А., Семеновский Ю.В., Соловей А.В., Заболоцкая О.А. Очистка поверхностных сточных вод методом последовательного объемного и поверхностного фильтрования // Экология и промышленность России. 2009. № 10. С. 8-9. EDN: KXGEZV.

10. Барахнина В.Б., Акчурина Д.Х. Использование отхода спиртового производства для интенсификации биоочистки буровых сточных вод //

References

1. Korol V.V., Pozdnyshv G.N., Manyrin V.N. Utilizatsiya otkhodov bureniya skvazhin [Recycling of Well-Boring Waste Products]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii - Ecology and Industry of Russia*, 2005, No. 1, pp. 40-42. EDN: JWIZIH. [in Russian].

2. Yagafarova G.G., Barakhnina V.B. Utilizatsiya ekologicheski opasnykh burovyykh otkhodov [Disposal of Environmentally Hazardous Drilling Waste]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» - Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2006, No. 1, pp. 38. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Yagafarova/Yagafarova_2.pdf (accessed 25.04.2023). EDN: TWWNWB. [in Russian].

3. Borovskii N.A. Izmenenie gidrokhimicheskikh pokazatelei vody pri popadanii burovyykh komponentov [Changes in the Hydrochemical Parameters of Water When Drilling Components Enter]. *Gazovaya promyshlennost' - GAS Industry of Russia*, 1990, No. 6, pp. 30-38. [in Russian].

4. Zavyalov V.S. Ochistka potoka vody ot nefteproduktov v prirodnykh usloviyakh [Purification of Water Flow from Oil Products in Natural Conditions]. *Bezopasnost' zhiznedeatelnosti - Bezopasnost' Zhiznedeatelnosti*, 2006, No. 10, pp. 34-35. [in Russian].

5. Melnik I.V., Chinik I.I. Detoksikatsiya otrabotannykh burovyykh rastvorov i burovyykh shlamov [Detoxication of the Used Drilling Agent and the Drilling Cuttings]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta - Vestnik of Astrakhan State Technical University*, 2008, No. 3 (44), pp. 166-169. EDN: ISCRLX. [in Russian].

6. Yarvoi I.A., Kuznetsova M.I. Sovershenstvovanie tekhnologii prigotovleniya burovyykh rastvorov [Improving Drilling Fluid Preparation Technology]. *Innovatsii v nauke - Innovation in Science*, 2013, No. 17, pp. 11. [in Russian].

7. Tarasenkova N.V., Panov V.P. Povyshenie effektivnosti ochistki neftezagryaznennykh stochnykh

Экология и промышленность России. 2012. № 6. С. 30-31. EDN: OYQVOZ.

11. Гамм Т.А., Шабанова С.В., Сердюкова Е.А. Разработка способа очистки буровых сточных вод методом коагуляции // Синергия наук. 2018. № 23. С. 1149-1157. EDN: UQGLGH.

12. Балаба В.И., Колесов А.И., Коновалов Е.А. Проблемы экологической безопасности использования веществ и материалов в бурении. М.: ИРЦ Газпром, 2001. 76 с. EDN: QBFAIX.

vod na flotatsionnykh ustanovkakh [Increase of Efficiency of Oily Sewage Purification in Flotation Sewage Disposal Plants]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii - Ecology and Industry of Russia*, 2005, No. 6, pp. 28-29. EDN: JWJAFT. [in Russian].

8. Zhukov A.I. *Metody ochistki proizvodstvennykh stochnykh vod* [Industrial Wastewater Treatment Methods]. Moscow, Stroizdat Publ., 1977. 208 p. [in Russian].

9. Zhigulskii V.A., Semenovskii Yu.V., Solov'ev A.V., Zabolotskaya O.A. *Ochistka poverkhnostnykh stochnykh vod metodom posledovatel'nogo ob"emnogo i poverkhnostnogo fil'trovaniya* [Purification of Superficial Sewage by the Method of Consecutive Bulk and Superficial Filtering]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii - Ecology and Industry of Russia*, 2009, No. 10, pp. 8-9. EDN: KXGEZV. [in Russian].

10. Barakhina V.B., Akchurina D.Kh. *Ispol'zovanie otkhoda spirtovogo proizvodstva dlya intensifikatsii bioochistki burovnykh stochnykh vod* [Application of Alcohol Production Waste for Intensification of Biopurification of Drilling Sewage]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii - Ecology and Industry of Russia*, 2012, No. 6, pp. 30-31. EDN: OYQVOZ. [in Russian].

11. Гамм Т.А., Шабанова С.В., Сердюкова Е.А. Разработка способа очистки буровых сточных вод методом коагуляции [Development of a Method for Treating Drilling Wastewater by Coagulation]. *Sinergiya nauk - Synergy of Science*, 2018, No. 23, pp. 1149-1157. EDN: UQGLGH. [in Russian].

12. Balaba V.I., Kolesov A.I., Konovalov E.A. *Problemy ekologicheskoi bezopasnosti ispol'zovaniya veshchestv i materialov v burenii* [Problems of Environmental Safety of the Use of Substances and Materials in Drilling]. Moscow, IRTs Gazprom Publ., 2001. 76 p. EDN: QBFAIX. [in Russian].

Информация об авторах

• Гамм Тамара Алексеевна, доктор сельскохозяйственных наук
Оренбургский государственный университет
Профессор кафедры экологии и природопользования
Россия, 460001, Оренбург, пр. Победы, 13
e-mail:hammtam@mail.ru

Information about the authors

• Gamm Tamara A., Doctor of Agricultural Sciences
Orenburg State University
Professor of Ecology and Nature Management
Department
Russia, 460001, Orenburg, Pobedy ave., 13
e-mail: hammtam@mail.ru

Гривко Елена Васильевна, кандидат педагогических наук
Оренбургский государственный университет
Доцент кафедры экологии и природопользования
Российская Федерация,
Россия, 460001, Оренбург, пр. Победы, 13
e-mail: grivko-ev@mail.ru

• Grivko Elena V., Candidate of Pedagogical Sciences
Orenburg State University
Assistant Professor of Ecology and Nature Management Department
Russia, 460001, Orenburg, Pobedy ave., 13
e-mail: grivko-ev@mail.ru

• Гамм Алексей Абрамович
Министерство природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области
Главный специалист
Россия, 4600015, Оренбург, Дом Советов
e-mail: kot82@mail.ru

• Gamm Alexey A.
Ministry of Natural Resources, Ecology and Property Relations of the Orenburg Region
Chief Specialist
Russia, 4600015, Orenburg, House of Soviets
e-mail: kot82@mail.ru

Статья поступила в редакцию 25.01.2023; одобрена после рецензирования 21.02.2023; принята к публикации 10.05.2023.

The article was submitted 25.01.2023; approved after reviewing 21.02.2023; accepted for publication 10.05.2023.