

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОБРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ВОДОПРОВОДНОГО ОСАДКА МАЛОМУТНЫХ И МАЛОЦВЕТНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Рыльцева Ю. А.

SOME ASPECTS OF THE TREATMENT AND DISPOSAL OF WATER LINE SLUDGE FROM LOW-TURBIDITY AND LOW-COLOR SOURCES

Ryltseva Yu. A.

Аннотация

Введение. Рассматривается метод уплотнения водопроводного осадка маломутной и малоцветной природной воды с применением высокомолекулярных полиэлектролитов, а также приводятся рекомендации по его перспективной утилизации. **Методы.** Опытные исследования проводились с реальным осадком, отобраным из отстойников водопроводных станций, основывались на всестороннем изучении его исходных качественных характеристик (физических, химических, минеральных). Контроль показателей выполнялся согласно стандартным методикам, рекомендациям учебных пособий. Обработка результатов осуществлена методами математической статистики. **Результаты.** В результате проведенных исследований установлено, что наиболее приемлемыми реагентами для сгущения осадка являются катионные полиакриламиды. Они способствуют повышению эффекта уплотнения осадка до 15 %, снижению мутности и цветности надосадочной воды, выделенной в процессе сгущения, на 25 и 45 % соответственно. Оптимальное время сгущения составляет 24 ч. В качестве направлений «полезной» утилизации обезвоженного осадка рекомендовано его применение в производстве почвогрунтов и строительной керамики. **Заключение.** Результаты научной работы могут найти отражение в вопросах разработки и оптимизации технологических схем обработки осадка на водопроводных станциях, осуществляющих подготовку маломутной и малоцветной природной воды. Кроме того, рассматриваемые способы утилизации осадка позволят сократить потребность в увеличении площадей для складирования кека или вовсе отказаться от эксплуатации подобных территорий.

Ключевые слова: осадок водопроводных станций, маломутные и малоцветные водоисточники, уплотнение, утилизация.

Abstract

Introduction: The paper deals with a method of thickening water line sludge of low-turbidity and low-color natural water using high-molecular polyelectrolytes. The authors provide recommendations for its future disposal. **Methods:** Experiments were carried out with the use of real sludge selected from sludge tanks at water supply stations. The experiments were based on a comprehensive study of its qualitative characteristics (physical, chemical, mineral). The monitoring of indicators was carried out in accordance with standard methods and recommendations of study guides. The results were processed using methods of mathematical statistics. **Results:** As a result, it was found that cationic polyacrylamides are the most acceptable agents for sludge thickening. They increase the sludge thickening effect by up to 15%, reduce turbidity and color of supernatant water by 25 and 45%, respectively. The optimum time for thickening is 24 hours. Among directions of the “beneficial” disposal of dewatered sludge, it is recommended to utilize it in the production of soils and building ceramics. **Conclusion:** The results of the study can be translated into the development and optimization of sludge processing schemes at water supply stations performing treatment of low-turbidity and low-color natural water. Besides, the methods of sludge disposal under consideration will make it possible to reduce the need to increase the area for sludge cake storage or stop using such territories completely.

Keywords: water line sludge, low-turbidity and low-color water sources, thickening, disposal.

Введение

Процессу функционирования любой станции подготовки природной воды поверхностного источника неизбежно сопутствует образование отходов — осадков, образующихся в значительных

количествах в отстойниках, осветлителях и фильтрах. Несмотря на современные темпы развития науки и техники, по-прежнему распространенной тенденцией является сброс промывных вод от таких сооружений в балки, поверхностные во-

доемы. Проблема обработки осадка сегодня находит свое решение преимущественно в городах-миллионерах. В свою очередь природоохранное законодательство стимулирует стремления специалистов водопроводно-канализационного хозяйства к созданию (повышению эффективности) технологий обработки и утилизации осадков природных вод.

Сооружения обезвоживания осадка в естественных условиях (площадки подсушивания, замораживания) и механические аппараты (центрифуги, центрипрессы, фильтр-прессы и пр.) для эффективной работы требуют его предварительной подготовки — уплотнения. Предварительное уплотнение осадка в схемах обработки в естественных условиях способствует сокращению площадей, отводимых для напуска осадка, времени его обезвоживания, в схемах механической обработки — снижению энергозатрат и влажности кека [10, 12, 17].

В отличие от положения дел в отношении методов утилизации осадка сточных вод [4, 5] нормативных документов, регламентирующих способы утилизации осадка станций подготовки природных вод, в настоящее время не существует. В [3] представлены лишь общие рекомендации возможных направлений. Это объясняется значительным разнообразием качественных характеристик водопроводных осадков.

Накопление опыта по обозначенным выше вопросам видится автору весьма полезным при решении вопросов экологизации работы станций водооподготовки.

Методы и материалы

Ученые сходятся во мнении, что залогом успешно функционирующей технологии обработки и утилизации осадка природной воды является предварительное изучение его исходных качественных характеристик [7, 10]. На протяжении ряда лет автором выполнялись исследования качества осадка маломутной и малоцветной природной воды (на примере воды реки Дон), образованного в отстойниках водопроводных станций г. Ростова-на-Дону. В период исследования для осветления и обесцвечивания речной воды применялся коагулянт оксихлорид алюминия (дозой, не превышающей 0,8 мг/дм³ по оксиду алюминия) в сочетании с флокулянт из группы полидиаллилдиметиламмоний хлоридов (по-

лиДАДМАХов), а также самостоятельное применение полиДАДМАХа как коагулянта (дозой до 0,7 мг/дм³ по активному веществу).

В рамках выполненной научной работы [15] установлены показатели влажности, плотности осадка, его прочностные и водоотдающие свойства, химический и минеральный состав, изменчивость перечисленных показателей по временам года в зависимости от продолжительности накопления осадка между промывками и типов реагентов, применяемых для осветления и обесцвечивания речной воды (табл. 1). Контроль показателей выполнялся по методикам государственных и межгосударственных стандартов, рекомендациям учебных изданий.

Для выполнения экспериментальных исследований процесса уплотнения осадка, а также выявления способов его интенсификации, осадок отбирался из отстойников (выключенных из работы для осуществления промывки или находящихся в работе), после чего в лабораторных условиях разбавлялся до концентрации 5–35 г/дм³. Данная величина соответствует концентрации промывных (шламовых) вод отстойников на основании параметров промывки, принятой на станции. В стеклянных мерных цилиндрах производилось перемешивание осадка (в том числе с предварительным введением реагентов) со скоростью около 0,02 м/с в течение 3 мин. Далее выполнялись наблюдения за его гравитационным осаждением.

В качестве вариантов полезной утилизации обезвоженного осадка изучена возможность его применения в производстве почвогрунтов и керамики.

Экспериментальные исследования возможности применения осадка в составе искусственных почвогрунтов проводились при его различной исходной весовой влажности — от 60 % и менее. Пригодность осадка в данном направлении утилизации оценивалась с точки зрения интенсивности роста и развития садовых растений и сельскохозяйственных культур в приготовленных субстратах. Содержание осадка в почвенных смесях принималось равным 0 (контрольный образец), 30, 50, 70 и 100 % по объему.

Возможность использования обезвоженного водопроводного осадка маломутной и малоцветной природной воды в составе строительной

Таблица 1

Исходные физические показатели осадка маломутной и малоцветной воды реки Дон

Показатель	Единица измерения	Величина для периода работы отстойника при значении Ц/М (град·дм ³ /мг) речной воды		
		зимне-весенний Ц/М=1,8÷6,2	летний Ц/М=1,4÷1,8	летне-осенний Ц/М=1,4÷2,4
Влажность (относительная весовая)	%	86,2÷89,5	88,8÷93,8	85,4÷94,6
Плотность (объемный вес)	г/см ³	1,07÷1,08	1,02÷1,06	1,01÷1,09
Плотность сухих частиц		1,80÷1,95	1,70÷1,80	1,65÷1,85
Концентрация твердой фазы	г/дм ³	112÷149	64÷116	55÷159
Удельное сопротивление фильтрации*	г·10 ¹⁰ , см/г	23÷32 55÷91	38÷78 98÷163	41÷84 123÷163
Предельное напряжение сдвигу (РВ-4)	Па	41,5÷51,5	16,5÷44,8	15,5÷64,9
Прокаленный остаток	%	83,9÷86,4	84,9÷86,7	83,7÷87,2

*в начале фильтрования (над чертой) и в конце фильтрования (под чертой)

керамики изучалась с точки зрения анализа его дообжиговых и обжиговых характеристик, а также оценки прочности изделий, приготовленных с различным содержанием осадка: 0 (контрольный образец), 10, 15, 30, 50 и 100 % по объему. Исследования выполнялись по соответствующим методикам [6, 8, 11].

Результаты исследования и обсуждение

Исследования способов интенсификации гравитационного разделения шламовых вод отстойников на осадок и надосадочную воду, а также дальнейшего уплотнения осадка проведены в различные сезоны года при различной продолжительности накопления осадка в отстойнике. Опыты выполнялись с применением различных синтетических полиэлектролитов из группы полиакриламидов (ПАА) и полиДАДМАХов, а также извести. Полученные результаты позволили констатировать, что в качестве наиболее эффективных реагентов для интенсификации данных процессов могут быть использованы катионные ПАА средней молекулярной массы (м. м.). При оптимальном времени уплотнения, равном 24 ч, и дозе безводного ПАА от 0,004 до 0,012 % по массе сухого вещества (м. с. в.) осадка характерно повышение эффекта уплотнения на 10–15 % (рис. 1), что обеспечивает снижение весовой влажности осадка на 2,5 %. Увеличение дозы катионного ПАА, а также низкая эффективность анионного ПАА применительно к осадку, образованному в период повышенной цветности воды, объясняется присутствием в осадке отрицательно заряженных гуминовых коллоидов.

Рекомендуемые дозы катионного ПАА, наряду с интенсификацией уплотнения осадка, способствуют значительному эффекту снижения мутности и цветности надосадочной воды. На рис. 2 представлен график зависимости органолептических показателей надосадочной воды, выделенной за 24 ч из шлама с концентрацией твердой фазы 35 г/дм³, от дозы реагента. При оптимальной дозе ПАА 0,006–0,009 % по м. с. в. мутность снижается на 25 %, цветность — на 45 %.

Следует отметить, что достаточно эффективна в вопросе уплотнения осадка маломутной и малоцветной воды известь (рис. 3). Установлено, что каждые 4 % СаО по м. с. в. осадка увеличивают его концентрацию твердой фазы до 7 %. Однако использование извести влечет за собой увеличение массы обрабатываемого осадка за счет внесения нерастворимых продуктов, а также ограничивает область утилизации высокощелочного продукта.

В июне 2018 г. в г. Ростове-на-Дону запущен в эксплуатацию комплекс сооружений обработки промывных вод скорых фильтров и отстойников [1]. В составе сооружений — резервуары-накопители, сгустители, насосная станция, песковые площадки. Обезвоженный осадок направляется на площадки утилизации для складирования. При этом выполненные исследователями научные работы [2, 9, 16, 17] могут представлять интерес для разработки бессточной схемы работы водопроводной станции, включающей решение вопроса «полезной» утилизации.

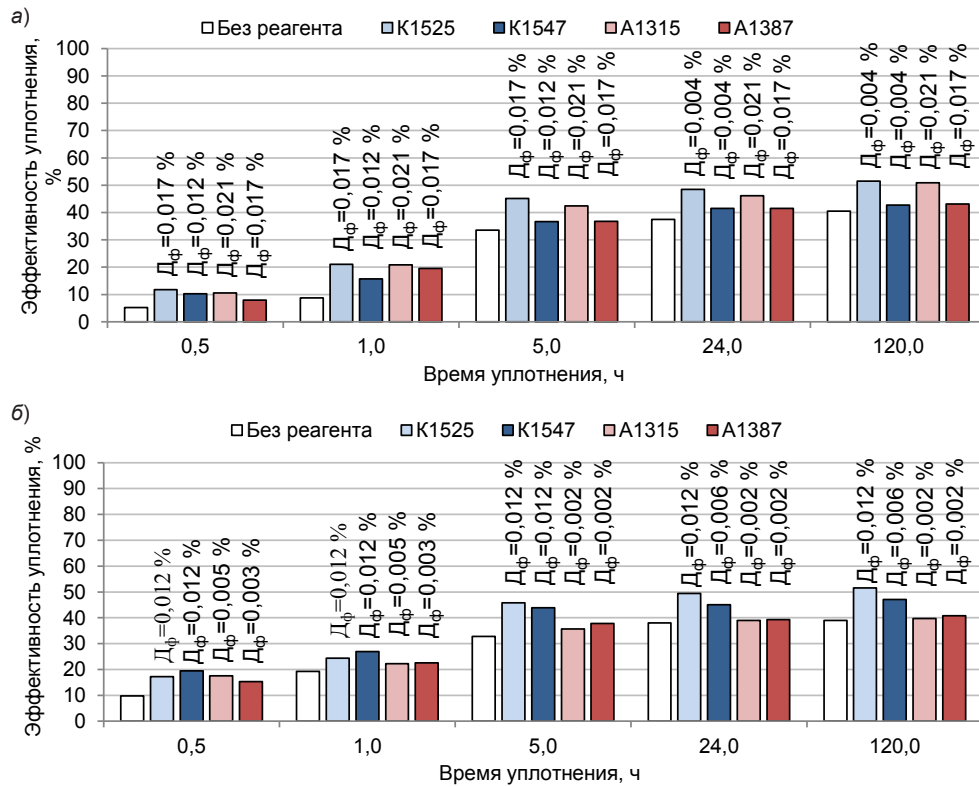


Рис. 1. Эффективность уплотнения осадка, образованного весной (а) и в период цветения воды (б), при кондиционировании его различными оптимальными дозами ПАА (Д_ф безводного в % по м. с. в.): K1525 — катионный, средней м. м.; K1547 — катионный, высокой м. м.; A1315 — анионный, средней м. м.; A1387 — анионный, высокой м. м.

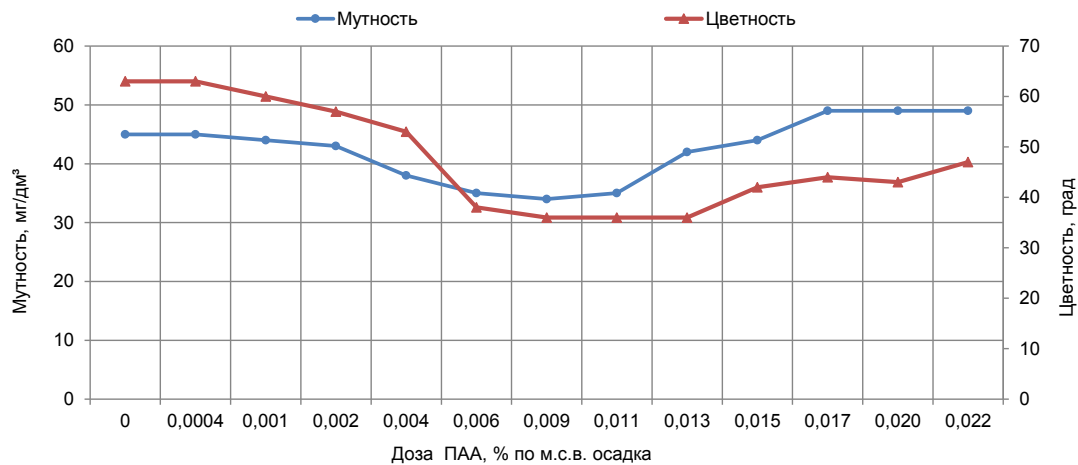


Рис. 2. Показатели качества надосадочной воды, выделенной из шлама с концентрацией твердой фазы 35 г/дм³ при предварительной его обработке катионным ПАА

В результате изучения химико-минералогического состава осадка маломутной и малоцветной воды [14] установлено, что ввиду схожести с глиной (табл. 2) он может быть использован в качестве компонента строительной керамики. Оса-

док обладает умеренной пластичностью равной 9,3 %, высоким содержанием красящего оксида Fe₂O₃, на основании преобладающего присутствия минерала иллита относится к группе гидрослюдистых. Формовочная влажность водопро-

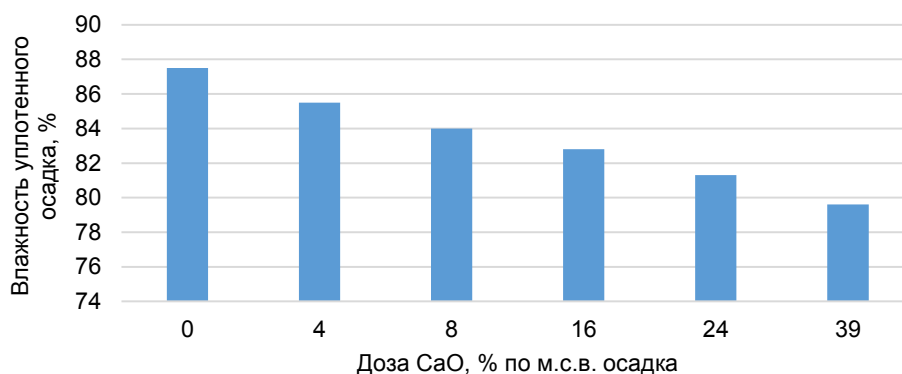


Рис. 3. Эффективность снижения влажности осадка в присутствии извести (уплотнение в течение 24 ч)

Таблица 2

Сравнительные показатели осадка маломутной и малоцветной воды реки Дон и глины

Вещество	Показатель, %					Потери при прокаливании
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	
Осадок	3,5	50,3–56,0	9,4–13,1	6,2–7,5	1,8–2,3	12,8–16,1
Глина	0,5–4,8	30,0–70,0	10,0–40,0	2,0–6,0	0,2–3,0	3,0–20,0

водного осадка аналогична большинству глинистых пород и составляет 22–24 %. Исследования усадки и механической прочности керамических образцов, выполненных с различным содержанием осадка, позволили сделать вывод, что его содержание в составе смеси может составлять до 15 % по объемной части без ухудшения прочностных показателей готовой продукции.

Высокое содержание в осадке оксидов фосфора (2400–3500 мг/кг) и калия (17 200–20 000 мг/кг), являющихся главными макроэлементами питания растений, содержание тяжелых металлов в пределах нормативных требований [13] обосновывают положительный опыт его применения при производстве искусственных почвогрунтов. Содержание осадка в составе почвенной смеси до 50 % по объемной части не ухудшает ее качественных характеристик при сравнении с универсальными промышленными образцами почвогрунтов. Большее содержание осадка не рекомендуется ввиду возрастания объемной плотности грунта и, как результат, угнетения аэрационных процессов, что отрицательно сказывается на всхожести и росте растений.

Заключение

Использование катионных ПАА для сгущения осадка маломутной и малоцветной воды поверх-

ностных источников позволяет повысить эффект уплотнения осадка на 10–15 %, что в расчете на весовую влажность составляет 2–3 %. Кроме того, предварительная реагентная обработка шлама способствует повышению качества надосадочной воды — снижению показателей мутности и цветности (на 25 и 45 % соответственно). Оптимальная доза ПАА при этом составляет 0,004–0,006 % по м. с. в. при оптимальном времени уплотнения около 24 ч. В качестве направлений «полезной» утилизации такого осадка может быть выбран вариант его использования в производстве искусственных почвогрунтов или строительной керамики, что позволит сократить или полностью ликвидировать территории, отчуждаемые для складирования кека, и получить хозяйственный эффект.

Литература

1. АО «Ростовводоканал» (2018). «Ростовводоканал» запустил в работу важнейший для экологии Дона комплекс сооружений повторного использования промывных вод. [online] Доступно по ссылке: <https://vodokanalrnd.ru/press-tsentr/news/rostovvodokanal-zapustil-v-rabotu-vazhneyshiy-dlya-ekologii-dona-kompleks-sooruzheniy-povtornogo-isp/> [Дата обращения: 23.06.2019].
2. Большева, Т. Н., Андреев, А. А. и Щеголькова, Н. М. (2013). Использование отходов водоочистки в субстратах для выращивания горшечных цветочных культур. Научно-

информационный и проблемно-аналитический бюллетень. Использование и охрана природных ресурсов в России, № 6 (132), сс. 50–53.

3. ВНИИ ВОДГЕО (1990). Справочное пособие к СНиП 2.04.02–84 Проектирование сооружений для обезвоживания осадков станций очистки природных вод. М.: Стройиздат, 40 с.

4. Госкомсанэпиднадзор России (1996). СанПиН 2.1.7.573–96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. [online] Доступно по ссылке: <http://docs.cntd.ru/document/1200000109> [Дата обращения: 23.06.2019].

5. Госстандарт России (2001). ГОСТ Р 17.4.3.07–2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. [online] Доступно по ссылке: <http://docs.cntd.ru/document/1200017708> [Дата обращения: 23.06.2019].

6. Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР (2001). ГОСТ 9169–75. Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация. ИЗДАНИЕ (октябрь 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в декабре 1985 г. и апреле 1991 г. М.: ИПК Издательство стандартов, 7 с.

7. Керин, А. С. и Нечаев, И. А. (2005). Ленточные фильтр-прессы и сетчатые сгустители в технологии обработки осадков. Водоснабжение и санитарная техника, № 5, сс. 41–45.

8. Книгина, Г. И., Вершинина, Э. Н. и Тацки, Л. Н. (1977). Лабораторные работы по технологии строительной керамики и искусственных пористых заполнителей: учебное пособие. М.: Высшая школа, 208 с.

9. Королева, Е. А., Павлинова, И. И., Скородумов, А. В. и Стицей, А. П. (2009). Глиноземистые цементы на основе гидроксидных осадков — как перспективный строительный материал. [online] Доступно по ссылке: <http://www.rfcontact.ru/text/1213.php> [Дата доступа: 23.06.2019].

10. Любарский, В. М. (1980). Осадки природных вод и методы их обработки. М.: Стройиздат, 128 с.

11. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (2015). ГОСТ 21216-2014. Сырье глинистое. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 40 с.

12. Пахомов, А. Н., Штоповров, В. Н., Данилович, Д. А., Сигин, А. П., Коверга, А. В., Дайнеко, Ф. А., Козлов, М. Н. и Аджиенко, В. Е. (2004). Исследования и практическая реализация процесса обезвоживания осадков водопроводных станций. Водоснабжение и санитарная техника, № 12, сс. 25–31.

13. Правительство Москвы (2008). Постановление № 514-ПП от 17 июня 2008 г. об утверждении методических рекомендаций и требований по производству компостов и почвогрунтов, используемых в городе Москве. [online] Доступно по ссылке: <http://docs.cntd.ru/document/3691335> [Дата обращения: 23.06.2019].

14. Рыльцева, Ю. А. (2015). Изучение химико-минералогического состава водопроводного осадка донской воды. В: X Международная научно-практическая конференция «Современная наука: Тенденции развития», Краснодар: НИЦ Априори, сс. 208–213.

15. Рыльцева, Ю. А. (2016). Оптимизация процесса обработки осадка станций подготовки маломутной и малоцветной природной воды. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 195 с.

16. Щеголькова, Н. М. (2015). Осадки станций водоподготовки и водоочистки: проблема или бизнес-проект? Вода Magazine, № 9 (97), сс. 28–33.

17. Янин, Е. П. (2010). Осадок водопроводных станций (состав, обработка, утилизация). Экологическая экспертиза, № 5, сс. 2–45.

References

1. AO Rostovvodokanal (2018). Rostovvodokanal put into operation a complex of wash water recycling facilities essential for the environment of the Don River. [online] Available at: <https://vodokanalrnd.ru/press-tsentr/news/rostovvodokanal-zapustil-v-rabotu-vazhneyshiy-dlya-ekologii-dona-kompleks-sooruzheniy-povtornogo-isp/> [Date accessed 23.06.2019].

2. Bolysheva, T. N., Andreyev, A. A. and Shchegolkova, N. M. (2013). Use of wastewater in substrates to grow potted flower crops. *Scientific, Informative and Analytical Bulletin: Use and Protection of Natural Resources of Russia*, No. 6 (132), pp. 50–53.

3. All-Union Research Institute for Water Supply, Sewage Systems, Hydraulic Engineering Structures, and Engineering Hydrogeology (VNIИ VODGEO) (1990). Reference guide for Construction Rules and Regulations SNiP 2.04.02-84. Design of facilities for dewatering of sediments from natural water treatment plants. Moscow: Stroyizdat, 40 p.

4. State Committee on Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Russian Federation (1996). Sanitary Rules and Regulations SanPiN 2.1.7.573-96. Hygienic requirements to wastewater and sewage sludge use for land irrigation and fertilization. [online] Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200000109> [Date accessed 23.06.2019].

5. Gosstandart of Russia (2001). State Standard GOST R 17.4.3.07–2001. Nature protection. Soils. Requirements for sewage sludge use for fertilization. [online] Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200017708>. [Date accessed 23.06.2019].

6. State Committee for Standards of the USSR Council of Ministers (2001). State Standard GOST 9169-75. Clayish materials for ceramic industry. Classification. Edition (October 2001) with Amendments Nos. 1, 2, approved in December 1985 and April 1991. Moscow: IPK Izdatelstvo Standartov, 7 p.

7. Kerin, A. S. and Nechayev, I. A. (2005). Band press filters and mesh thickeners for sludge treatment technique. *Water Supply and Sanitary Technique*, No.5, pp. 41–45.

8. Knigina, G. I., Vershinina, E. N. and Tatski, L. N. (1977). Laboratory sessions in the technology of structural ceramics and artificial porous aggregates: study guide. Moscow: Vysshaya Shkola, 208 p.

9. Korolyova, E. A., Pavlina, I. I., Skorodumov, A. V. and Stitsey, A. P. (2009). Aluminous cements based on hydroxide precipitation — as a promising construction material. [online] Available at: <http://www.rfcontact.ru/text/1213.php>. [Date accessed 23.06.2019].

10. Lubarskij, V. M. (1980). Natural water sediments and methods of their treatment. Moscow: Stroyizdat, 128 p.
11. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (2015). State Standard GOST 21216–2014. Clay raw materials. Test methods. Moscow: Standartinform, 40 p.
12. Pakhomov, A. N., Shtoporov, V. N., Danilovich, D. A., Sigin, A. P., Koverga, A. V., Dayneko, F. A., Kozlov, M. N. and Adzhienko, V. E. (2004). Studies and practical realization of sludge dewatering process at water supply stations. *Water Supply and Sanitary Technique*, No. 12, pp. 25–31.
13. Government of Moscow (2008). Decree No. 514-PP dd. 17.06.2008 On the approval of guidelines and requirements for the production of composts and soils used in Moscow. [online] Available at: <http://docs.cntd.ru/document/3691335>. [Date accessed 23.06.2019].
14. Ryltseva, Yu. A. (2015). Studying the chemical and mineralogical composition of Don waterworks sludge. In: X International Scientific and Practical Conference “Modern Science. Development trends”, Krasnodar: Research and Publishing Center Apriori, pp. 208–213.
15. Ryltseva, Yu. A. (2016). Optimization of the sludge treatment process at low-turbidity and low-color natural water treatment plants. PhD Thesis in Engineering. Rostov-on-Don: Don State Technical University, 195 p.
16. Schegolkova, N. M. (2015). Waste of water treatment plants and of water purification plants: problem or business project? *Water Magazine*, No. 9 (97), pp. 28–33.
17. Yanin, Ye. P. (2010). Sludge of waterworks (composition, treatment, disposal). *Ekologicheskaya Ekspertiza*, No. 5, pp. 2–45.

Автор

Рыльцева Юлия Александровна, канд. техн. наук
Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет (НИУ МГСУ),
Москва, Россия

E-mail: yuliya.ryltseva@mail.ru

Author

Ryltseva Yuliya Aleksandrovna, PhD in Engineering
National Research Moscow State University of Civil
Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia

E-mail: yuliya.ryltseva@mail.ru