

УДК 628.16

DOI: 10.31774/2658-7890-2019-2-35-44

А. А. Чураев, В. Ф. Сильченко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА КОНТАКТНОЙ КОАГУЛЯЦИИ НА ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ Г. НОВОЧЕРКАССКА

Целью исследований является совершенствование существующих технологий водоподготовки на станциях водопроводно-очистных сооружений. В качестве объекта исследований рассматривается существующая технологическая схема очистки на водопроводных очистных сооружениях (ВОС-1) г. Новочеркаска, с проектной производительностью – 42000 м³/сут. Для обеспечения воды надлежащего качества необходим правильный выбор технологии ее очистки и подготовки. Существующие технологические схемы очистки воды не всегда справляются со своей задачей и требуют введения новых реагентов и методов. Основным методом освобождения воды от загрязнений в виде взвешенных веществ является фильтрование, в котором немаловажный этап – подбор загрузки и скорости фильтрования. Предметом исследований являются фильтровальные сооружения, реконструкция которых позволит повысить производительность станции водопроводных очистных сооружений примерно в 1,6 раза. В сложившихся условиях подготовка питьевой воды в соответствии с требованиями может быть осуществлена только путем применения более эффективных технологий. Необходимым мероприятием на действующих сооружениях станции является повышение производительности, которое может быть достигнуто за счет совершенствования традиционно действующих схем и режимов водообработки. По результатам исследования представлено конструктивное решение контактного фильтра, приведен расчет фильтровальных сооружений, а также сделан вывод о необходимости перехода на одноступенную схему очистки с использованием контактного фильтрования, что помимо повышения производительности позволит сократить расход коагулянта.

Ключевые слова: водоисточник, технологии очистки, водоподготовка, контактный фильтр, коагуляция, водоснабжение

A. A. Churaev, V. F. Sil'chenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

SUBSTANTIATION OF CONTACT COAGULATION METHOD APPLICATION ON WATER PURIFICATION PLANTS IN TOWN NOVOCHERKASSK

The purpose of the research is to improve the existing water treatment technologies at water purification plants. The existing technological scheme of water treatment at water purification plants (WPP-1) of Novocherkassk with a design capacity of 42000 m³ per day is considered as an object of the research. To ensure water of proper quality the right choice of technology for its purification and treatment is necessary. The existing technological schemes for water purification do not always cope with their task and require the introduction of new

reagents and methods. The main method of water purification from contaminants in the form of suspended solids is filtering, where capacity and filtering speed choice is an important stage. The subject of the research is filtering facilities which reconstruction will increase the productivity of water purification plant by about 1.6 times. Under the prevailing conditions the drinking water treatment in accordance with the requirements can be carried out only by applying more effective technologies. A necessary measure at the existing plants is to increase productivity by improving the traditionally operating schemes and modes of water treatment. Based on the results of the research a structural solution of the contact filter is presented, the filter facilities are calculated, and the conclusion on necessity of transition to a single-stage treatment scheme using contact filtering, which will reduce coagulant consumption in addition to increasing productivity is made.

Key words: water source, purification technologies, water treatment, contact filter, coagulation, water supply.

Введение. Обеспечение водой надлежащего качества имеет большое гигиеническое значение, так как предохраняет население от различных эпидемиологических заболеваний. Подача достаточного количества воды позволяет поднять общий уровень благоустройства. Для обеспечения высоких санитарных качеств питьевой воды требуются тщательный выбор водоисточников, защита их от загрязнений, а также правильный выбор технологии очистки на водопроводно-очистных сооружениях.

В связи с увеличением объемов потребляемой воды и недостаточностью местных природных источников, все чаще возникает необходимость комплексного решения водохозяйственных проблем для наиболее рационального и экономичного обеспечения водой всех водопотребителей [1].

Целью исследований является совершенствование существующих технологий очистки природных вод на станциях водоподготовки.

Очистка природных вод представляет собой комплекс физических, химических и биологических процессов для снижения содержания в воде вредных примесей и обогащения ее недостающими ингредиентами, чтобы сделать ее пригодной для хозяйственно-питьевого, промышленного или сельскохозяйственного использования [2].

В природных поверхностных и подземных водах во взвешенном состоянии находятся песчаные и глинистые частицы, коллоиды органического и минерального происхождения, в том числе: гуминовая и кремниевая

кислоты, железо, марганец, натрий, магний, кальций, сульфаты, хлориды, фториды, бикарбонаты и другие вещества.

Природные воды нередко содержат антропогенные загрязнения: тяжелые металлы, пестициды, нефтепродукты, ПАВ, радиоактивные вещества и пр. Также в воде присутствуют бактерии и вирусы [3].

Для очистки природных вод применяют безреагентные и реагентные методы. К безреагентным технологиям относится пропускание воды через медленные фильтры, которые просты в устройстве и эксплуатации, дают значительно меньше отходов, загрязняющих окружающую среду, но имеют ограничения по цветности и мутности исходной воды.

Методы обработки воды с применением реагентов интенсивнее и эффективнее. С использованием реагентов фильтрование осуществляется со скоростью 5–15 м/ч и выше, без реагентов (медленное фильтрование) – 0,1–0,2 м/ч [4].

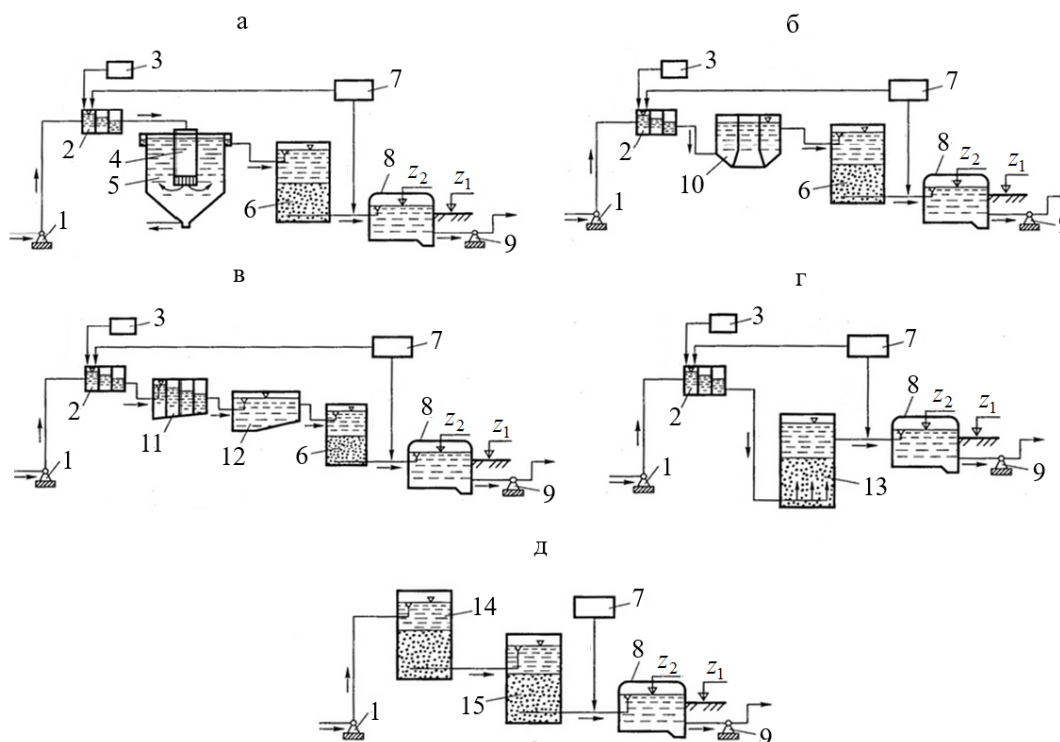
Материалы и методы. Технология водоподготовки разрабатывается, в первую очередь, на определении целевого назначения воды. Необходимо учитывать исходное качество воды в водоисточнике, а также требования по физическим, химическим и бактериологическим показателям.

Рассмотрим типовые технологические схемы водопроводных очистных сооружений (рисунок 1) [5].

Для удаления из воды взвешенных веществ проводят осветление. В зависимости от конечного содержания взвешенных веществ в воде, осветление осуществляют отстаиванием воды в отстойниках, в гидроциклонах, центрифугированием, флотацией, фильтрованием, пропусканием через слой ранее образованного осадка в осветлителях и других аппаратах [6].

С целью улучшения процесса осаждения взвешенных примесей используют коагулянты и флокулянты. В процессе коагуляции помимо удаления взвешенных веществ устраняется цветность и в некоторых случаях неприятный запах и вкус воды [7]. Применение коагулянтов и флокулянт-

тов для выделения взвешенных веществ обосновано тем, что находящиеся в состоянии коллоидного раствора вещества невозможно удалить из водной среды другими методами.

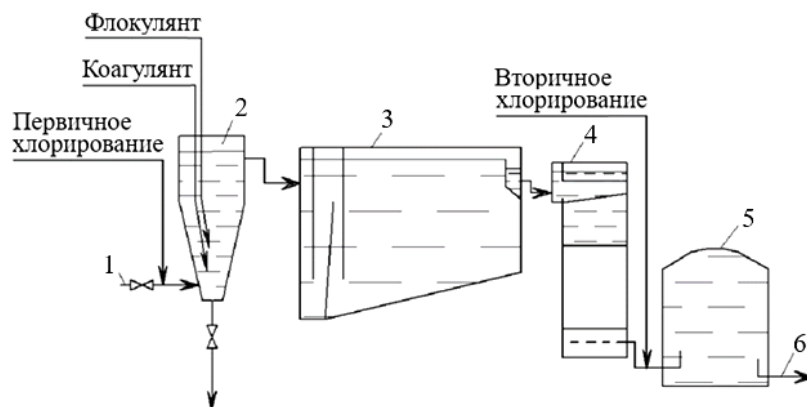


а – с вертикальным отстойником и скоростными фильтрами; *б* – с осветлителем и фильтрами; *в* – с горизонтальными отстойниками и фильтрами; *г* – с контактными осветлителями; *д* – с префильтрами и медленными фильтрами; z_1 – отметка поверхности земли; z_2 – отметка уровня воды; 1 – насосная станция первого подъема; 2 – смеситель; 3 – реагентный цех; 4 – водоворотная камера хлопьеобразования; 5 – вертикальный отстойник; 6 – быстрые фильтры; 7 – хлораторная; 8 – резервуары чистой воды; 9 – насосная станция второго подъема; 10 – осветлители с зависшим осадком; 11 – камера хлопьеобразования; 12 – горизонтальные отстойники; 13 – контактные осветлители; 14 – префильтры; 15 – медленные фильтры

Рисунок 1 – Технологические схемы водопроводных очистных сооружений

Основным методом освобождения воды от взвесей является фильтрование. Этот процесс осуществляется путем пропускания воды через зернистые материалы, в результате которого происходит отделение твердых частиц от жидкости. При этом из раствора могут быть выделены не только диспергированные частицы, но и коллоиды. При фильтровании жидкость, содержащая примеси, пропускается через фильтрующий материал, проницаемый для жидкости и непроницаемый для твердых частиц [8].

Результаты и обсуждение. Рассмотрим существующую принципиальную схему водоподготовки на станции водопроводных очистных сооружений (ВОС-1) г. Новочеркаска (рисунок 2).



1 – подача сырой воды из резервуаров технической воды на водообработку;
2 – смесители вертикальные, вихревого типа; 3 – горизонтальные отстойники с встроенными камерами реакции; 4 – скорые зернистые фильтры; 5 – резервуары чистой воды; 6 – подача воды на насосную станцию и к потребителю

Рисунок 2 – Принципиальная высотная технологическая схема водоподготовки на водопроводных очистных сооружениях

Водоочистная станция г. Новочеркаска проектной производительностью 42 тыс. м³/сут (фактической – 36–50 м³/сут) предусматривает обработку воды в направлении: осветление, обесцвечивание и обеззараживание по классической двухступенной схеме (коагуляция – отстаивание – фильтрование – хлорирование¹).

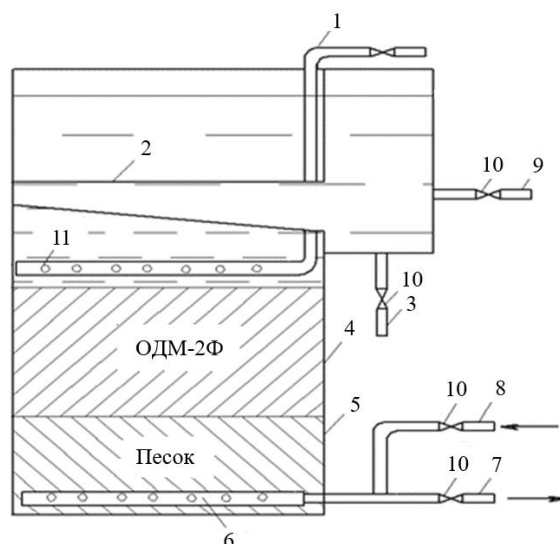
В сложившихся условиях подготовка питьевой воды в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01 [9] может быть осуществлена только путем применения более эффективных технологий. Также необходимым мероприятием является повышение производительности станции, которое может быть достигнуто за счет совершенствования традиционно действующих схем и режимов водообработки. Для достижения этих целей необходим переход на одноступенную схему очистки с использованием контактного фильтрования.

¹ Модернизация очистных сооружений Новочеркасского водопровода с целью увеличения производительности: отчет / ПНИИВиВ ЮРГПУ (НПИ); рук.: Линевич С. Н. – Исполн.: Линник С. С. [и др.]. – Новочеркасск, 2002. – 95 с.

Особенностью работы контактного фильтра является возможность вести обработку воды по одноступенной технологической схеме, исключая камеры хлопьеобразования и отстойники.

Фильтрующая загрузка является основным рабочим элементом фильтровальных сооружений, поэтому правильный выбор ее параметров имеет первостепенное значение для их нормальной работы. Наиболее применяемыми в практике водоподготовки, помимо кварцевого песка, являются керамзит, керамическая крошка, доменные шлаки, дробленый мрамор и антрацит, полимеры (аглопорит, шунгизит) и другие [10].

Последние 20 лет производят новые, модифицированные материалы, одним из которых является ОДМ-2Ф (опока дробленная модифицированная). Такой материал обладает сорбционными свойствами и нашел широкое применение на станциях водоочистки [11, 12]. На рисунке 3 представлена схема фильтра с двухслойной загрузкой: верхний слой – ОДМ-2Ф, нижний – кварцевый песок.



1 – трубопровод, подающий воду на обработку в фильтре; 2 – верхние переливные желоба для отвода воды после промывки; 3 – трубопровод, отводящий отработанную промывную воду; 4 – верхний слой фильтрующей загрузки (ОДМ-2Ф); 5 – нижний слой фильтрующей загрузки (кварцевый песок); 6 – нижняя дренажная система; 7 – трубопровод для отвода фильтрата; 8 – трубопровод, подающий воду на промывку фильтра; 9 – старый подающий трубопровод; 10 – запорно-регулирующая арматура; 11 – верхняя распределительная система

Рисунок 3 – Схема производственного фильтра на водопроводных очистных сооружениях

Далее приведем расчет контактного фильтра. Количество фильтров на станции $n = 12$ из которых 4 фильтра – первой очереди полезной площадью $F_{\text{полезн}} = 22,9 \text{ м}^2$, при длине $a = 5,12 \text{ м}$, ширине $b = 4,48 \text{ м}$, высоте $h = 4,19 \text{ м}$), 8 фильтров – второй очереди ($F_{\text{полезн}} = 25 \text{ м}^2$, $a = 4,3 \text{ м}$, $b = 5,8 \text{ м}$, $h = 3,8 \text{ м}$).

Скорость фильтрования определяется по формуле:

$$v_{\phi} = \frac{Q}{F_{\text{общ}}} = \frac{1750}{292} = 6 \text{ м/ч},$$

где Q – производительность станции, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$F_{\text{общ}}$ – общая площадь фильтров, м^2 , по выражению:

$$F_{\text{общ}} = F_1 \cdot n = 22,9 \cdot 4 + 25 \cdot 8 \approx 292 \text{ м}^2,$$

где F_1 – площадь одного фильтра, м^2 ;

n – количество фильтров на станции.

Примем скорость фильтрования после реконструкции $v_{\phi 1} = 10 \text{ м}^3/\text{ч}$, тогда:

$$Q = v_{\phi 1} \cdot F_{\text{общ}} = 10 \cdot 292 = 2920 \text{ м}^3/\text{ч} = 70080 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Таким образом, при увеличении скорости фильтрования на фильтровальных сооружениях увеличится общая производительность станции, что являлось главной задачей исследований.

Выводы

1 В связи с общим ростом объемов потребляемой воды, необходимым мероприятием является увеличение производительности водопроводных очистных сооружений г. Новочеркасска. При изменении скорости фильтрования с 6 до $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ производительность станции увеличится до $70080 \text{ м}^3/\text{сут}$, то есть в 1,6 раза.

2 При переходе на одноступенную схему очистки и внедрении метода контактной коагуляции на водопроводных очистных сооружениях

г. Новочеркасска значительно снизится расход коагулянта, а процесс очистки воды будет проходить эффективнее.

Список использованных источников

1 Овчинников, А. С. Инженерное обустройство территорий и строительство объектов водопользования: учеб. пособие / А. С. Овчинников, С. М. Васильев, А. А. Пахомов; ФГБОУ ВО ВолГАУ. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. – 124 с.

2 Современные решения в системах промышленной водоподготовки / И. С. Балаев, Г. Г. Кучма, О. Б. Яковенко, А. В. Ерофеев, С. К. Добровский // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2011. – № 2(38). – С. 24–30.

3 Васильев, С. М. Проблема подготовки водных ресурсов малых рек для сельскохозяйственного водопользования / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко, М. А. Ляшков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасс: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 53. – С. 10–13.

4 Кинетика процесса коагуляции при реагентной обработке природной воды в присутствии контактных сред / В. Г. Камбург, М. А. Сафронов, И. А. Лушкин, Е. Ф. Титов, А. В. Демков // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – № 2. – С. 40–46.

5 Кульский, Л. А. Технология очистки природных вод / Л. А. Кульский, П. П. Строкач. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Головное изд-во издат. об-ния «Вища шк.», 1986. – 352 с.

6 Журба, М. Г. Водоснабжение. Улучшение качества воды / М. Г. Журба, Ж. М. Говорова. – М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2008. – Т. 2. – 542 с.

7 Гришин, Б. М. Теоретические исследования процесса коагуляции примесей воды с использованием крупнозернистой контактной загрузки / Б. М. Гришин, А. Н. Кошев, С. М. Салмин // Водоочистка. – 2014. – № 6. – С. 22–27.

8 Обоснование эффективности природного фильтрующего материала ОДМ-2Ф в водоподготовке / С. И. Игнатенко, С. А. Бреус, А. Ю. Скрыбин, С. С. Богданов, К. С. Тер-Матисова // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 3(42). – С. 60.

9 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 2.1.4.1074-01: утв. глав. гос. санитар. врачом Российской Федерации 26.09.01: введ. в действие с 01.01.01. – М., 2001. – 59.

10 Исследования эффективности применения материала ОДМ-2Ф при очистке воды контактным фильтрованием / Л. Н. Фесенко, С. И. Игнатенко, А. Ю. Черкесов, В. Б. Убушев // IX науч.-практ. конф. «Водоснабжение и водоотведение: качество и эффективность», 15–16 ноября, г. Кемерово, 2006. – С. 27–32.

11 Обезжелезивание сточных вод гальванического производства модифицированным углеродным сорбентом / Е. Г. Филатова, О. И. Помазкина, В. И. Дударев, А. А. Соболева // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – № 1. – С. 47–52.

12 Vandegrift, J. Overview of monitoring techniques for evaluating water quality at potable reuse treatment facilities / J. Vandegrift, J. Hooper, A. da Silva // Journal – American Water Works Association. – 2019. – vol. 111, issue 7. – P. 12–23.

References

1 Ovchinnikov A.S., Vasil'ev S.M., Pakhomov A.A., 2017. *Inzhenernoe obustroystvo territoriy i stroitel'stvo ob'ektov vodopol'zovaniya: ucheb. posobie* [Engineering Arrangement of Territories and Water Use Facilities Construction: study guide]. Volgograd, Volgograd GAU Publ., 124 p. (In Russian).

2 Balaev I.S., Kuchma G.G., Yakovenko O.B., Erofeev A.V., Dobrovsky S.K., 2011. *Sovremennye resheniya v sistemakh promyshlennoy vodopodgotovki* [Modern solutions in industrial water treatment systems]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie* [Water Purification. Water Treatment. Water Supply], no. 2(38), pp. 24-30. (In Russian).

3 Vasil'ev S.M., Domashenko Yu.E., Lyashkov M.A., 2014. *Problema podgotovki vodnykh resursov mal'kh rek dlya sel'skokhozyaystvennogo vodopol'zovaniya* [The issue of preparing small rivers water resources for agricultural water use]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya: sbornik nauchnykh trudov FGBNU «RosNIIPM»* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture: collection of proceedings FGBNU “RosNIIPM”]. Novocherkassk, RosNIIPM, iss. 53, pp. 10-13. (In Russian).

4 Kamburg V.G., Safronov M.A., Lushkin I.A., Titov E.F., Demkov A.V., 2014. *Kinetika protsessy koagulyatsii pri reagentnoy obrabotke prirodnoy vody v prisutstvii kontaktnykh sred* [Kinetics of coagulation process at natural water reagent treatment with contact medium presence]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [Proceed. of Higher Educational Institutions. Construction], no. 2, pp. 40-46. (In Russian).

5 Kul'skiy L.A., Stokach P.P., 1986. *Tekhnologiya ochistki prirodnykh vod* [Technology of Natural Water Treatment]. Kiev, Head Publ. “Vishka Shk.”, 2nd ed., 352 p. (In Russian).

6 Zhurba M.G., Govorova J.M., 2008. *Vodosnabzhenie. Uluchshenie kachestva vody* [Water Supply. Water Quality Improvement]. Moscow, Assoc. Civil Engineering Universities Publ., no. 2, 542 p. (In Russian).

7 Grishin B.M., Koshev A.N., Salmin S.M., 2014. *Teoreticheskie issledovaniya protsessy koagulyatsii primesey vody s ispol'zovaniem krupnozernistoy kontaktnoy zagruzki* [Theoretical research of water contaminants coagulation using coarse grain contact bed]. *Vodoochistka* [Water Treatment], no. 6, pp. 22-27. (In Russian).

8 Ignatenko S.I., Breus S.A., Skryabin A.Yu., Bogdanov S.S., Ter-Matiosova K.S., 2016. *Obosnovanie effektivnosti prirodnogo fil'truyushchego materiala ODM-2F v vodopodgotovke* [Substantiation of the effectiveness of natural filtration material ODM-2F in water treatment]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], no. 3(42), p. 60. (In Russian).

9 Pit'evaya voda. *Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva: SanPiN 2.1.4.1074-01* [Drinking Water. Hygienic Requirements for Water Quality of Centralized Drinking Water Supply Systems. Quality Control: Sanitary Rules and Regulations 2.1.4.1074-01]. Moscow, 2001, 59 p. (In Russian).

10 Fesenko L.N., Ignatenko S.I., Cherkesov A.Yu., Ubushev V.B., 2006. *Issledovaniya effektivnosti primeneniya materiala ODM-2F pri ochistke vody kontaktnym fil'trovaniem* [Studies of the efficiency of ODM-2F material application in water treatment by contact filtration]. *IX nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Vodosnabzhenie i vodootvedenie: kachestvo i effektivnost'», 15–16 noyabrya, g. Kemerovo, 2006*. [IX Scientific-Practical Conference “Water Supply and Water Disposal: Quality and Efficiency”, Kemerovo, november 15–16, 2006]. Kemerovo, pp. 27-32. (In Russian).

11 Filatova E.G., Pomazkina O.I., Dudarev V.I., Soboleva A.A., 2014. *Obezhelezivaniye stochnykh vod gal'vanicheskogo proizvodstva modifitsirovannym uglerodnym sorbentom* [Electroplating Sewage Water Deironing with Modified Carbon Sorbent]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary Equipment], no. 1, pp. 47-52. (In Russian).

12 Vandegrift J., Hooper J., da Silva A., 2019. Overview of monitoring techniques for evaluating water quality at potable reuse treatment facilities. *Journal – American Water Works Association*. – vol. 111, iss. 7, pp. 12-23.

Чураев Александр Анатольевич

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: заместитель директора по науке

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

Churaev Alexander Anatolyevich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Deputy Director for Science

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

Сильченко Виктория Федоровна

Должность: инженер-исследователь

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: vika-silchenko@mail.ru

Silchenko Victoriya Fedorovna

Position: Research Engineer

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: vika-silchenko@mail.ru