

непосредственный. – Москва: Наука, 1970. – С. 103-121.

10. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с. – Текст: непосредственный.

11. Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров, Е. Н. Иванова, В. М. Фридланд, Н. И. Розов. – Москва: Колос, 1977. – 221 с. – Текст: непосредственный.

12. Классификация и диагностика почв западной Сибири. – Новосибирск: Ин-т «Запсибгипрозем», 1979. – 47 с. – Текст: непосредственный.

13. Иванова, Е. Н. Классификация почв СССР / Е. Н. Иванова. – Москва: Наука, 1976. – 225 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Dokuchaev V.V. Uchenie o zonakh prirody i klassifikatsii pochv / Sochineniia. T. 6. – Moskva; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1951. – S. 375-526.
2. Sibirtsev N.M. Izbrannye sochineniia v 2-kh tomakh. – Moskva: Selkhozgiz, 1953. – T. I. – S. 319-395.
3. Neustruev, S.S. Genezis i geografiia pochv // S.S. Neustruev. – Moskva: Nauka, 1977. – 328 s.
4. Parakshin Iu.P., Parakshina E.M. O zonalnosti intrazonalnykh pochv / Vestnik Baltiiskogo federalnogo universiteta im. I. Kanta. – 2013. – Vyp. 7. – S. 127-135.
5. GOST 17.4.2.02-83. Gosudarstvennyi standart Soiuza SSR. Okhrana prirody. Pochvy. Nomenklatura pokazatelei prigodnosti narushennogo

plodorodnogo sloia pochv dlia zemlevaniia (vveden v deistvie Postanovleniem Gosstandarta SSSR ot 21.01.1983 N 300). https://enadm.ru/uploads/docs/municipal_control/ground_control/2019/normative%20legal%20acts/Normative_acts_F_E/2021/2.pdf (28.03.2025).

6. Pochvy Altaiskogo kraia. – Moskva: Izd-vo AN SSSR, 1959. – 380 s.

7. <https://egrpr.esoil.ru/content/soils/soil192.html> (29.03.2025).

8. World Reference Base for Soil Resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome. 2006. – 145 s.

9. Puzachenko Iu.G., Karpachevskii L.O. Vozmozhnosti primeneniia informatsionno-logichestskogo analiza pri izuchenii pochvy na primeere ee vlazhnosti // Zakonomernosti prostranstvennogo varirovaniia svoistv pochv i informatsionno-statisticheskie metody ikh izucheniiia. – Moskva: Nauka, 1970. – S. 103-121.

10. Klassifikatsiiia i diagnostika pochv Rossii / L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova. – Smolensk: Oikumena, 2004. – 342 s.

11. Klassifikatsiiia i diagnostika pochv SSSR / V.V. Egorov, E.N. Ivanova, V.M. Fridland, N.I. Rovoz. – Moskva: Kolos, 1977. – 221 s.

12. Klassifikatsiiia i diagnostika pochv zapadnoi Sibiri. Novosibirsk Zapsibgiprozem, 1979. – 47 s.

13. Ivanova E.N. Klassifikatsiiia pochv SSSR. – Moskva: Nauka, 1976. – 225 s.



УДК 556.555.6:627.44
DOI: 10.53083/1996-4277-2025-247-5-10-15

Н.И. Алёшина, Л.В. Терновая, А.С. Сапачёв
N.I. Aleshina, L.V. Ternovaya, A.S. Sapachev

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

USE OF ELECTRIC-PULSE WATER TREATMENT METHOD FOR DOMESTIC WATER SUPPLY

Ключевые слова: подземные воды, хозяйствено-питьевое водоснабжение, скважинный водозабор, качество исходных подземных вод, водоочистной комплекс, метод электроимпульсной обработки, насосная станция, погружные насосы, скорые напорные фильтры, резервуары чистой воды.

Keywords: groundwater, domestic water supply, well water intake, quality of source groundwater, water treatment complex, electric-pulse treatment method, pumping station, submersible pumps, high-speed pressure filters, clean-water reservoirs.

Для очистки и обеззараживания подземной воды в ЗАТО «Сибирский» Алтайского края и доведения её качества до уровня питьевой, соответствующей требованиям СанПиН 1.2.3685-21, предусматривается установка блок-бокса с водоочистным комплексом «Импульс-250-5/50» производительностью 50 м³/ч. Необходимость улучшения качества воды возникла в связи с тем, что при анализе показателей качества исходной воды, согласно данным протоколов анализов, установлено, что концентрация железа общего, по всем скважинам изменяется 0,69 до 2,34 мг/дм³, при норме 0,3 мг/дм³ и практически по всем скважинам наблюдается повышенная концентрация марганца. Согласно принятой схеме водоснабжения, вода из артезианских скважин погружными насосами подается на водоочистной комплекс, аэрируется, обрабатывается природными окислителями (в т.ч. озоном) и ультрафиолетом. Под воздействием окислителей имеет место деструкция органических веществ, перевод неорганических примесей (железа, марганца) в формы, легко удаляемые последующим фильтрованием, а также дезинфекция воды. Далее очищенная вода поступает в резервуары чистой воды. Подача чистой воды потребителю производится сетевыми насосами насосной станции 2-го подъема. Выбранная технология позволяет проводить аэрацию обрабатываемой воды и окисление примесей (Fe и Mn) в ней без применения реагентов-окислителей. Промывка фильтров предусмотрена водо-воздушная, выполняется противотоком чистой воды, забираемой из выходного коллектора, и воздуха, подаваемого компрессором. Подача воды в РЧВ во время промывки прекращается. Повторное использование промывных вод фильтров в данном случае представляется нецелесообразным. Промывные воды фильтров накапливаются в выгребе. В здании станции очистки предусмотрена обводная коммуникация, обеспечивающая подачу исходной воды непосредственно от скважин в РЧВ. Дополнительным преимуществом водоочистного комплекса является

ется его работа в круглосуточном автоматическом режиме без помощи оператора.

To purify and disinfect underground water in the closed administrative-territorial entity ZATO "Sibirskiy" of the Altai Region and bring its quality to the level of drinking water corresponding to the requirements of the sanitary regulations and standards SanPiN 1.2.3685-21, it is planned to install a block-box with a water purification complex "Impulse-250-5/50" with a capacity of 50 m³ per hour. The need to improve water quality arose due to the fact that when analyzing the quality indices of the source water, according to the data of the analysis protocols, it was found that the concentration of total iron in all wells varied from 0.69 to 2.34 mg dm³, compared to the reference value of 0.3 mg dm³, and almost all wells had increased concentration of manganese. According to the existing water supply scheme, water from artesian wells is fed by submersible pumps to the water purification complex, aerated, and treated with natural oxidizers (including ozone) and ultraviolet. Under the influence of oxidizers, organic substances are destroyed, inorganic impurities (iron, manganese) are converted into forms that are easily removed by subsequent filtration, and water is disinfected. Then, purified water is fed to clean-water reservoirs. Clean water is supplied to the consumer by network pumps of the second-lift pumping station. The proposed technology allows for aeration of the treated water and oxidation of impurities (Fe and Mn) in it without the use of oxidizing reagents. Filters are washed with water and air. Filters are washed by counter-current of clean water taken from the outlet manifold and air supplied by the compressor. Water supply to the clean-water reservoirs is stopped during washing. Repeated use of filter wash water in this case seems impractical. Filter wash water accumulates in the sump. A bypass communication is provided in the treatment station building ensuring the supply of source water directly from the wells to the clean-water reservoirs. Additional advantage of the water treatment complex is its round-the-clock unmanned automatic operation.

Алёшина Надежда Ивановна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: nialyoshina59@mail.ru.

Терновая Лариса Викторовна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: tern68.91@mail.ru.

Сапачёв Андрей Сергеевич, магистрант ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: Furythozzy@vk.com.

Aleshina Nadezhda Ivanovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: nialyoshina59@mail.ru.

Ternovaya Larisa Viktorovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: tern68.91@mail.ru.

Sapachev Andrey Sergeevich, master's degree student, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: Furythozzy@vk.com.

Введение

Источником водоснабжения ЗАТО «Сибирский» Алтайского края являются подземные артезианские воды, в которых превышает содержание железа, марганца, а также наблюдается повышенная мутность воды.

Для отбора подземных вод на территории водозаборной площадки имеется существующий куст скважин в количестве 6 шт. с суммарным водоотбором 5000 м³/сут. Скважины оборудованы погружными насосами ЭЦВ 10-65-110. На водозаборной площадке имеется

станция обезжелезивания воды, которая утра-тила свои эксплуатационные характеристики, а также на площадке находятся здание насосной станции 2-го подъёма и резервуары чистой во-ды в количестве 3 шт. каждый объёмом 1000 м³ [1]. В настоящее время вода из артезианских скважин без обеззараживания сразу подаётся в резервуары чистой воды (РЧВ), а затем насосами 2-го подъёма направляется по разводя-щей сети в ГО ЗАТО Сибирский Алтайского края.

Целью работы является использование ме-тода электроимпульсной обработки воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения город-ского округа закрытого административно-территориального образования «Сибирский».

Задачи, решаемые при исследовательских работах:

- определение характеристики качества ар-тезианской воды;
- обследование существующего положения системы водоснабжения и водозаборной пло-щадки;

- оценка технического и санитарного состоя-ния сооружений водопровода.

В работе обобщены данные о состоянии ис-точников водоснабжения, основных сооружений водопровода, проблемах, связанных с их экс-плуатацией. По результатам исследований предложены технологические решения про-блем по повышению эффективности работы системы водоснабжения.

Объект и методы исследований

Объектом исследования являются подзем-ные воды. Оценка качества воды, отобранной из существующих артезианских скважин, про-водилась Федеральным бюджетным учрежде-нием здравоохранения «Центр гигиены и эпи-демиологии в Алтайском крае». Характеристика качества исходной скважинной воды приведена в таблице 1.

Вода, подаваемая из источника, соотве-тствует требованиям СанПиН 1.2.3685-21 [2] по всем показателям, кроме содержания общего железа, марганца, мутности, pH [3, 4, 5].

Таблица 1

Оценка качества воды ЗАТО «Сибирский»

Номер скважины	Вещества, показатели (факторы)			
	pH	мутность, мг/дм ³	железо общее, мг/дм ³	марганец, мг/дм ³
№ 2	до 7,50	2,61 (до 22,2)	0,69 (до 4,99)	0,14
№ 3	до 7,50	5,80 (до 7,98)	1,16 (до 1,7)	0,15
№ 4	7,60	9,32	2,34	0,09
№ 5	6,82	6,09	1,26	0,18
№ 6	6,89	3,19	0,69	0,13
№ 9	7,09	2,47	0,75	0,11
Норма по СанПиН 1.2.3685-21	6-9	1,5 (2)	0,3	0,1

Результаты исследований

По результатам обследования необходимо предусмотреть строительство станции очистки питьевой воды.

Климат района строительства характеризу-ется как резко континентальный с суровой про-должительной зимой и теплым летом. Средне-годовая температура воздуха составляет плюс 1,3°C.

Абсолютные отметки поверхности земли из-меняются от 172,0 до 174,0 м. Нормативная глубина промерзания насыпного грунта и супе-си 2,30 м. По относительной деформации пуче-ния грунты от средне- до сильноупучинистых. Сейсмичность района строительства 6 баллов.

Проектируемое здание станции очистки пи-тьевой воды одноэтажное прямоугольной фор-мы в плане с размерами в осях 28,0×12,0 м без чердака и подвала. В здании размещаются тех-нологический зал и тепловой пункт. Высота по-мещений до низа выступающих конструкций 6,5 м. На отметках 0,52 и 2,5 м предусматрива-ется устройство технологических площадок.

В существующем здании насосной станции второго подъёма одноэтажном Г-образной фор-мы в плане с размерами в осях 45,0×24,0 м и высотой помещений до низа выступающих конструкций от 2,4 до 5,95 м необходимо преду-смотреть изменение назначения помеще-ний здания и замену оборудования.

Кроме этого дополнительно требуется строительство насосной станции промывных вод, одноэтажное квадратное с размерами в осях $3,1 \times 3,1$ м с подвальным помещением. Высота помещения от 2,81 до 3,0 м, высота подвала 3,0 м.

Исходя из характеристики качества исходной воды и требований к очищенной воде предлагается подготовка воды, основанная на технологии электроимпульсной обработки воды, с последующим одноступенчатым фильтрованием на скорых напорных фильтрах.

Данная технология подготовки воды разработана Томским политехническим университетом (НИИ высоких напряжений при ТПУ).

В основу данной технологической схемы водоочистного комплекса положен метод обработки воды импульсным барьерным разрядом в двухфазной среде, состоящей из диспергированных в воздухе капель воды. В импульсном барьерном разряде образуются сильные экологически чистые окислители: озон и короткоживущие радикалы (атомарный кислород O и гидроксильный радикал OH), а также происходит генерирование ультрафиолетового излучения. Каналы разряда формируются в газовой фазе, в непосредственной близости и на поверхности капель, что способствует эффективному взаимодействию короткоживущих радикалов с компонентами водных растворов. Под воздействием окислителей имеет место деструкция органических веществ, перевод неорганических примесей (железа, марганца) в формы, легко

удаляемые последующим фильтрованием, а также осуществляется дезинфекция воды.

При выборе технологии руководствовались следующими положениями: обезжелезивание подземных вод следует предусматривать фильтрованием в сочетании с одним из способов предварительной обработки воды: упрощенной аэрацией, аэрацией на специальных устройствах, введением реагентов-окислителей в соответствии с пунктом 9.141 СП 31.13330.2021 [6]; очистку воды от марганца следует производить безреагентным методом или с применением реагентов согласно пункту 9.156 СП 31.13330.2021. В случае, если безреагентный метод не обеспечивает степень очистки, следует предусматривать обработку воды реагентами-окислителями (перманганат калия, озон и др.) с введением флокулянта и последующим фильтрованием. При использовании подземных вод, в которых марганец присутствует совместно с железом, следует проверить возможность удаления его непосредственно в процессе обезжелезивания без дополнительного применения реагентов.

Аэрация обрабатываемой воды и окисление примесей железа и марганца в ней выполняется без применения реагентов-окислителей.

Выбранная технология позволяет проводить аэрацию обрабатываемой воды и окисление примесей железа и марганца в ней без применения реагентов-окислителей.

Основные показатели по системам водоснабжения и водоотведения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Основные показатели по системам водоснабжения и водоотведения ЗАТО «Сибирский»

Наименование системы	Расчетный расход		
	м ³ /сут.	м ³ /ч	л/с
Требуемая производительность по очищенной воде, в т.ч.: расход воды, поступающей в РЧВ	5048,78	250,0	69,44
расходы на промывку фильтров и дренажных вод	5000,0	250,0	69,44
	48,78	75/150	20,8/41,67
Воздух на промывку фильтров	69,72	298,8	83

В состав предлагаемого водоочистного комплекса входят пять водоочистных модулей, каждый из которых состоит из бака-реактора с установленной на нем реакционной колонной и источника питания; двух технологических вентиляторов (рабочий, резервный); пульта управления; насосной станции, включающей перека-

чивающие насосы в количестве 5 шт., включая один резервный; фильтровальной станции, включающей 7 шт. осветлительных фильтров и компрессор для промывки фильтров.

К основным функциональным частям водоочистного модуля относятся: аэратор противопоточный из промежуточных и головной секций

колонны и технологического вентилятора; блок электроразрядный, состоящий из электродной системы, расположенной в комбинированной секции колонны, и источника питания; бак-реактор и пульт управления.

Исходная вода, пройдя в гидроциклоне очистку от механических примесей, подается через водяные (напорные) входы эжекторов в головную секцию колонны, т.е. на вход аэратора. Вода распыляется и при этом смешивается с поступающим в аэратор воздухом в соотношении от 7 до 10 объемов воздуха на 1 объем воды.

В аэраторе происходит окисление кислородом воздуха растворенного в ней двухвалентного железа с переходом его в нерастворимое трехвалентное и очистка воды от органолептических загрязнений.

После аэратора вода подается на электродную систему блока электроразрядного – вторую ступень обработки воды. От источника питания на электродную систему подаются короткие импульсы высокого напряжения. При этом на поверхности раздела воздух-вода, т.е. на поверхности капелек и струек воды, проходящих сквозь электродную систему, возникают и развиваются электрические микроразряды, производящие природные окислители и ультрафиолетовое излучение. Под их воздействием происходит более эффективное окисление железа и окисление марганца, а также органических веществ, и обеззараживание воды.

Из блока электроразрядного вода поступает в бак-реактор, где происходит дореагирование природных окислителей с примесями в течение 12 мин. и коагуляция примесей.

Концентрация озона в зоне электроразрядного блока составляет 1-2 мг/л.

Для организации ежечасного контроля остаточного озона в воде перед ее поступлением в распределительную сеть применяется измеритель концентрации озона в воде Озон-В 5К1.551.045, производство ООО «НПП ОКБА» (г. Ангарск). Измеритель концентрации озона монтируется на трубе подачи очищенной воды в РЧВ в помещении станции доочистки воды.

Объем бака-реактора водоочистного модуля «Импульс» выбирается из условия нахождения воды в нем от 12 до 20 мин. В данном случае при производительности модуля 50 м³/ч объема бака-реактора $V_{БР}=15$ м³, полезный объем бака

$V_{пол}=12,83$ м³, время пребывания озонированной воды в баке-реакторе составляет 15,4 мин.

Обработанная вода перекачивающимися насосами подается в систему фильтрования. Чистая вода накапливается в РЧВ.

Модули водоочистные, насосная станция, система фильтрования, резервуары чистой воды соединены между собой трубопроводами, снабженными запорной и регулирующей арматурой. Пульт управления комплекса связан со шкафами управления скважинами, с датчиками уровня воды в РЧВ. Количество работающих модулей связано с динамикой уровня воды в РЧВ и количеством работающих скважин. По заполнению РЧВ до верхнего уровня регулирующего объема по сигналу от датчика уровня воды в РЧВ электрозатвор на выходе комплекса закрывается, скважины отключаются, комплекс автоматически прекращает работу.

Кроме того, предусмотрен обводной трубопровод в станции очистки воды, минуя очистное оборудование, с подачей исходной воды непосредственно от артезианских скважин в резервуары чистой воды.

В составе насосной станции для подачи воды из баков-реакторов в систему фильтрования принята установка повышения давления с 250 м³/ч и напором 25 м. Станция оснащена внешним частотным преобразователем, управляющим ведущим насосом.

Кроме этого предусматривается одноступенчатая система фильтрования воды. В системе фильтрования используются фильтры типа ФОВ-2,6-0,6 ООО «Роскотлокомплект» (г. Бийск). Фильтры загружены кварцевым песком.

В качестве мероприятия, повышающего качество промывки фильтров и экономию воды, применяют водо-воздушную промывку [7]. Промывка фильтров осуществляется противотоком чистой воды, которая подается из выходного коллектора, и воздуха, нагнетаемого компрессором. Во время промывки фильтров подача воды в резервуары чистой воды прекращается.

В данном случае повторное использование промывных вод фильтров представляется нецелесообразным.

Воды после промывки фильтров накапливаются в выгребе. Расчетный объем воды, сбрасываемой в выгреб за время промывки одного фильтра, составляет порядка 24,39 м³.

Выводы

При внедрении данной технологии (метода электроимпульсной обработки) для очистки и обеззараживания подземной воды будет доведено её качество до уровня питьевой, соответствующей требованиям СанПиН 1.2.3685-21.

Предложенная технология имеет ряд преимуществ: водоочистной комплекс работает в автоматическом режиме; не требуется постоянного присутствия обслуживающего персонала на комплексе; при минимальных эксплуатационных затратах получаем высокое качество питьевой воды.

Библиографический список

1. ГОСТ 31937-2024. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Введ. 2024-05-01. – Москва: ФГБУ «РСТ», 2024. – 18 с. – URL: <https://tk-expert.ru/lib/1158/expert.ru/lib/1158> (дата обращения: 19.11.2024). – Текст: электронный.
2. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 N 2. – 469 с. – Текст: непосредственный.
3. ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа. Введ. 1974-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 8 с. – URL: <https://base.garant.ru/5923875/> (дата обращения: 22.11.2024). – Текст: электронный.
4. ГОСТ 4974-2014. Вода питьевая. Определение содержания марганца фотометрическими методами. Введ. 2016-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 18 с. – URL: <https://base.garant.ru/71189732/> (дата обращения: 22.11.2024). – Текст: электронный.
5. ГОСТ Р 57164-2016. Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности. Введ. 2018-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 24 с. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200140391> (дата обращения: 23.11.2024). – Текст: электронный.
6. Свод правил СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*. – Москва, 2021. – 139 с. – Текст: непосредственный.
7. Водоснабжение: учебник для вузов / Н. Н. Абрамов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Интеграл, 2014. – 440 с. – Текст: непосредственный.

References

1. GOST 31937-2024. Zdaniia i sooruzheniia. Pravila obsledovaniia i monitoringa tekhnicheskogo sostoianiia. Vved. 2024-05-01. – Moskva: FGBU «RST», 2024. – 18 s. – URL: <https://tk-expert.ru/lib/1158/expert.ru/lib/1158> (data obrashcheniia: 19.11.2024).
2. SanPiN 1.2.3685-21 «Gigienicheskie normativy i trebovaniia k obespecheniiu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlia cheloveka faktorov sredy obitaniia». Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 28.01.2021 N 2. – 469 s.
3. GOST 4011-72 Voda pitevaiia. Metody izmeniia massovoi kontsentratsii obshchego zheleza. Vved. 1974-01-01. – Moskva: Standartinform, 2008. – 8 s. – URL: <https://base.garant.ru/5923875/> (data obrashcheniia: 22.11.2024).
4. GOST 4974-2014. Voda pitevaiia. Opredelenie soderzhaniiia margantsa fotometricheskimi metodami. Vved. 2016-01-01. – Moskva: Standartinform, 2019. – 18 s. – URL: <https://base.garant.ru/71189732/> (data obrashcheniia: 22.11.2024).
5. GOST R 57164-2016. Voda pitevaiia. Metody opredeleniia zapakha, vksa i mutnosti. Vved. 2018-01-01. – Moskva: Standartinform, 2019. – 24 s. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200140391> (data obrashcheniia: 23.11.2024).
6. Svod pravil SP 31.13330.2021 «Vodosnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniia». Aktualizirovannia redaktsii SNiP 2.04.02-84. – Moskva: 2021. – 139 s.
7. Vodosnabzhenie: uchebnik dlia vuzov / N.N. Abramov. – 3-ye izd., pererab. i dop. – Moskva: Integral, 2014. – 440 s.

