

УДК 504;628.35

А.М. Дрегуло^{1,2}

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Перспективы использования солнечной энергии, способствующей снижению капитальных затрат на обработку отходов водоотведения в естественных условиях, обеспечивает лидерство в выборе природно-технических систем обработки отходов водоотведения – иловых площадок (карт). Отличительной чертой функционирования иловых площадок является прямая зависимость режима их эксплуатации от климатической нагрузки (μ) – совокупного влияния среднегодовых значений температуры воздуха и атмосферных осадков. В настоящей работе динамика μ изучалась для иловых площадок, расположенных на территории Ленинградской области. В работе проанализированы нормативные требования и рекомендации по их эксплуатации, «кочующие» из одной редакции нормативных документов в другую. Основные нормативные критерии климатической нагрузки (μ) не соответствуют действительному влиянию среднегодовых значений температуры воздуха и атмосферных осадков как базовых параметров эксплуатации природно-технических систем обработки отходов водоотведения. Было установлено, что среднегодовые величины атмосферных осадков превышали установленные нормы на один–три шага, в то время как диапазон среднегодовых температур воздуха всего хронологического ряда соответствовал нормативному шагу ранжирования. Влияние атмосферных осадков изменяло значение μ и его территориальную специфику. Результаты исследования позволяют заключить, что увеличение атмосферных осадков могло способствовать потере эксплуатационных и природозащитных свойств природно-технических систем обработки отходов водоотведения, спроектированных и эксплуатировавшихся согласно нормативным требованиям.

Ключевые слова: иловые карты, осадки сточных вод, влияние климата, нормативные требования, экологический вред

Введение. Региональные климатические особенности как совокупность физико-географических факторов, изменения которых осложняются пространственной неоднородностью и антропогенной нагрузкой [Curtiero et al., 2001; Второй оценочный ..., 2014; Григорьев, Кондратьев, 2010], требуют адекватных подходов к технологиям, применяемым при эксплуатации природно-технических систем обработки отходов водоотведения. Процесс обезвоживания осадка на иловых площадках является совокупностью тепловых процессов и процессов массопередачи. В общей практике он описывается уравнением скорости влагоотдачи (подробнее [Воронов, Яковлев, 2006]).

Разработка и совершенствование методов обработки осадка сточных вод с использованием солнечной энергии все более актуализируются, поскольку процесс высыхания осадка является высокоэнергоемким, поэтому требуются альтернативные малозатратные источники энергии.

Прогнозные оценки изменения климата показали, что средняя скорость роста среднегодовой температуры воздуха на территории России в 1976–2014 гг. составила 0,42°C/10 лет, что в 2,5 раза больше скорости роста глобальной температуры за тот же период [О состоянии ..., 2014]. В значительной степени этому способствуют колебания величин атмосферных осадков. По результатам среднего

месяца сезона для федеральных округов в 2017 г. в зимний период наблюдалось увеличение атмосферных осадков в ЦФО на 270%; СЗФО – на 300%; ЮФО – 240%; СКФО – 390%; ПФО – 300%; УФО – 400%; СФО – 560%; ДФО – 540%. В летний период наблюдалось увеличение в ЦФО на 12%; СЗФО – 50%; ЮФО – 225%; СКФО – 50%; ПФО – 50%; УФО – 50%; СФО – 25%; ДФО – 47% [Изменение климата ..., 2018]. Потенциальное воздействие атмосферных осадков может резко снижать эксплуатационные характеристики природно-технических систем обработки отходов водоотведения, что приводит к появлению объектов накопленного экологического ущерба [Dregulo, Kudryavtsev, 2018; Дрегуло и др., 2016].

До настоящего времени нет научно обоснованных рекомендаций по выявлению геоэкологических факторов, способствующих деградации природно-технических систем, вмещающих иловые карты. Только в Ленинградской области насчитывается более 170 иловых карт, расположенных в зоне водосбора восточной части Финского залива и Ладожского озера. В целом по стране данные о количестве и состоянии природно-технических систем иловых карт отсутствуют, что дополнительно актуализирует своевременность настоящего исследования – оценку адекватности нормативных требований к определению климатической нагрузки на природно-

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, науч. с., канд. биол. н.; e-mail: a.dregulo@spbu.ru

² Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, лаборатория геоэкологических проблем природно-хозяйственных систем и урбанизированных территорий, ст. науч. с.

технические системы обработки отходов водоотведения (иловые карты, площадки).

Материалы и методы исследования. В качестве одного из информативных критериев геоэкологической устойчивости природно-технических систем карт исследовано влияние климатической нагрузки (совокупного влияния температуры воздуха и количества атмосферных осадков – коэффициент μ [СП 32.13330.2012 Канализация ...]), оказывающей влияние на технологические параметры обработки осадков сточных вод – высоту слоя и объем напуска осадка.

Для оценки изменения климатических факторов (среднегодовых температуры воздуха и количества атмосферных осадков) были проанализированы специализированные массивы климатических данных 518 станций за период 1958–2012 гг. [Научно-прикладной ..., 2019]. На основании полученных значений проводили территориальное зонирование, строили ГИС-модель карты-схемы распределения μ . Для оценки среднегодовых массивов данных осадков использовался метод интегрально-разностных кривых (ИРК) [Дроздов, 1962].

Результаты исследований и их обсуждение. Региональными особенностями изменения климата могут оказаться как орографические преграды, так и зоны, разделяющие территорию по воздействию антропогенных факторов, влияющих на процессы подсушивания осадков. Историческая реконструкция (периоды, за которые менялись нормативные требования ранжирования природно-климатической нагрузки на иловые карты) и прогноз современных изменений климатической нагрузки на иловые карты показали, что геоэкологические критерии, используемые в проектировании и эксплуатации природно-технических систем иловых карт, не учитывают реальную динамику температуры воздуха и атмосферных осадков. Критериям природно-климатической нагрузки, используемым в настоящее время, соответствуют только ряд южных регионов страны (рис. 1), соответственно, зональная градация климатической нагрузки не применима для всей территории страны. На рис. 2 видно, что температурные зоны более позднего периода значительно смещаются в северо-восточном направлении.

В северных и юго-восточных регионах Восточной и Западной Сибири появляются локальные (замкнутые) температурные зоны. К примеру, на северо-западе страны в зоне температур $-9...-13^{\circ}\text{C}$ появляются локальные зоны со среднегодовой температурой ниже -13°C . При очевидной выраженной тенденции сдвига изотерм по всей территории РФ в районах Приамурья и Прибайкалья в диапазоне $-5...-9^{\circ}\text{C}$ сохраняются локальные зоны -5°C , -9°C , -1°C .

В период 1986–2012 гг. значительно увеличилось количество осадков (рис. 3). Особенно это характерно для центрального, северо-западного региона, а также для Восточной и Западной Сибири. Отличительной особенностью смены зон выпадения осадков является зональное укрупнение характер-

ных областей. Очевидно, что совокупное воздействие климатических факторов с учетом выявленных закономерностей их пространственно-временного изменения вряд ли будет иметь линейную форму распределения климатического коэффициента μ .

Санкт-Петербург, согласно градации [СП 32.13330.2012, 2019], находится в зоне μ между 0,9 и 1,0 (примерно 0,95). При этом диапазон температуры сохраняется от $+3$ до $+7^{\circ}\text{C}$, но увеличивается по количеству осадков 600–700 мм. Согласно градации количества осадков, Санкт-Петербург находится в зоне 660 мм. Среднегодовое количество осадков, рассчитанное за 49 лет (1966–2012 гг.), составляет 652 мм. Это достаточно близкие значения в пределах наблюдаемого хронологического цикла. Увеличение количества осадков на 52–60 мм для среднегодового цикла – довольно существенная разница [Климат России, 2019]. Схожая ситуация наблюдается в Тихвине, Выборге, Старой Руссе, Белогорке (рис. 4), где со сменой климатических факторов изменилось и воздействие на иловые карты и площадки.

При определении μ согласно градации [СП 32.13330.2012, 2019] для всех перечисленных городов, $\mu=0,9$, на карте-схеме (см. рис. 4) он равен 0,8. В данном случае, как и Санкт-Петербург, все эти города находятся в одной климатической зоне.

На данной территории среднегодовое количество осадков увеличилось с 680 мм (в 1966–1985) до 720 мм (1986–2012), что привело к снижению μ на 0,1 (до 0,8), что уже не учитывается при градации [СП 32.13330.2012, 2019].

Очевидно, что при сохранении режима температуры в рассматриваемой мезоклиматической зоне, выпадение атмосферных осадков является ключевым фактором изменения (снижения) климатического коэффициента μ .

Снижение μ ухудшает эффективность процесса обработки осадков сточных вод на иловых площадках ввиду того, что заданные величины, согласно формуле (1) [Евилевич, 1957] для проектирования иловой площадки, в данном случае не изменяются как должно вместе с коэффициентом μ :

$$F = \frac{W_{\text{ос}}}{H\mu}, \quad (1)$$

где F – полезная площадь иловой площадки, (м^2); $W_{\text{ос}}$ – годовое количество осадков, поступающих на иловые площадки, (м^3); H – высота годового слоя напуска осадка (м). Следовательно, для уже существующих иловых площадок необходимо оптимизировать параметры F , $W_{\text{ос}}$ или H .

Обработка климатических данных длительного хронологического ряда наблюдений позволила определить, что величина осадков, превышающая диапазоны коэффициента μ , в большей степени зависит не от среднегодовой суммы осадков, нивелирующей их совокупное влияние на иловые карты (площадки), а от их максимальной суточной величины и продолжительности дней с разной интенсивностью.

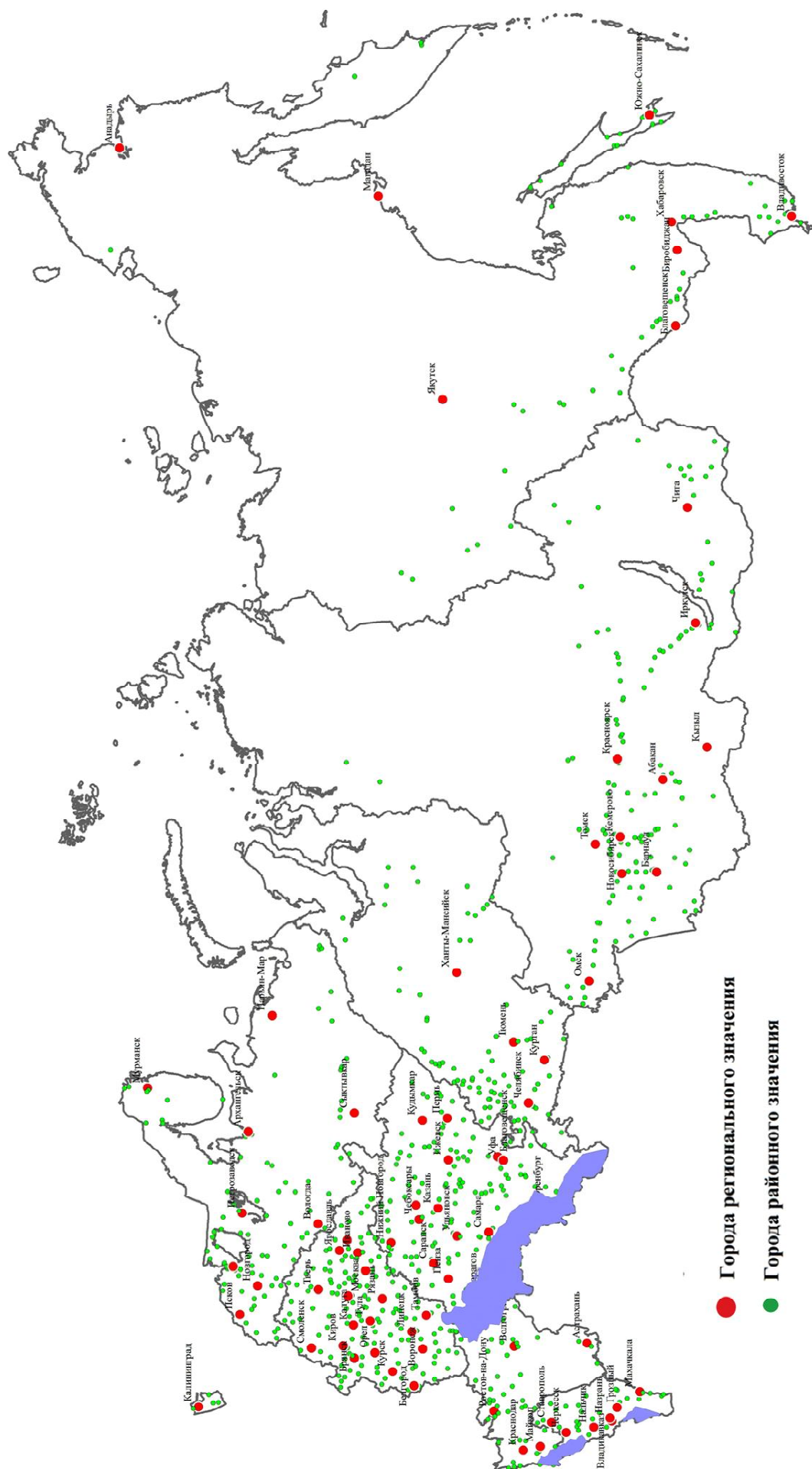


Рис. 1. Зонирование территорий по нормативным (СП 32.13330.2012) требованиям (μ) в период с 1986–2012 гг.

Fig. 1. Territory zoning according to standards (μ) of SP 32.13330.2012 in 1986–2012

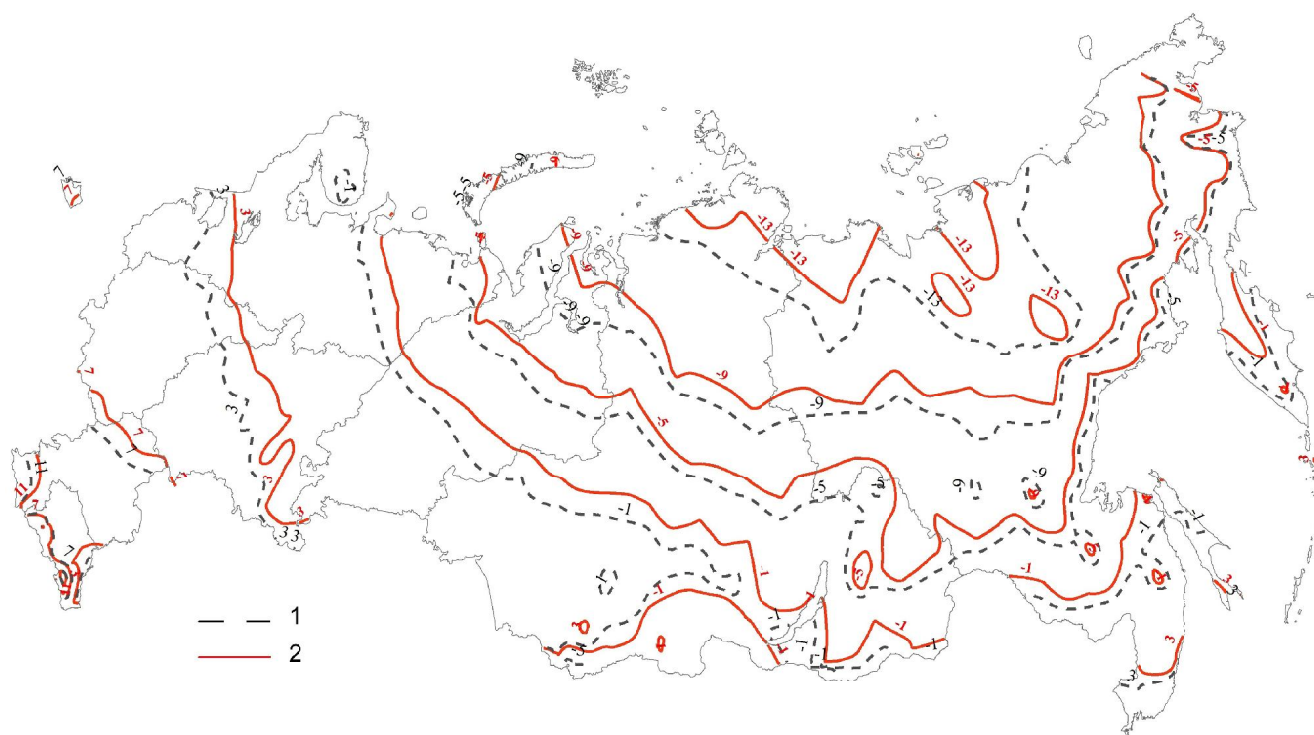


Рис. 2. Среднегодовая температура воздуха (°C) в 1958–1985 гг. (1) и 1986–2020 гг. (2)

Fig. 2. The average annual air temperature (°C) during 1958–1985 (1) and 1986–2020 (2)

Поэтому для оптимизации уже введенных в эксплуатацию и еще проектируемых природно-технических систем обработки отходов водоотведения важно оценить именно хронологический цикл дина-

мики атмосферных осадков как доминирующего фактора, необходимого для объективной оценки долгосрочной климатической нагрузки, отражающейся на величине коэффициента μ .

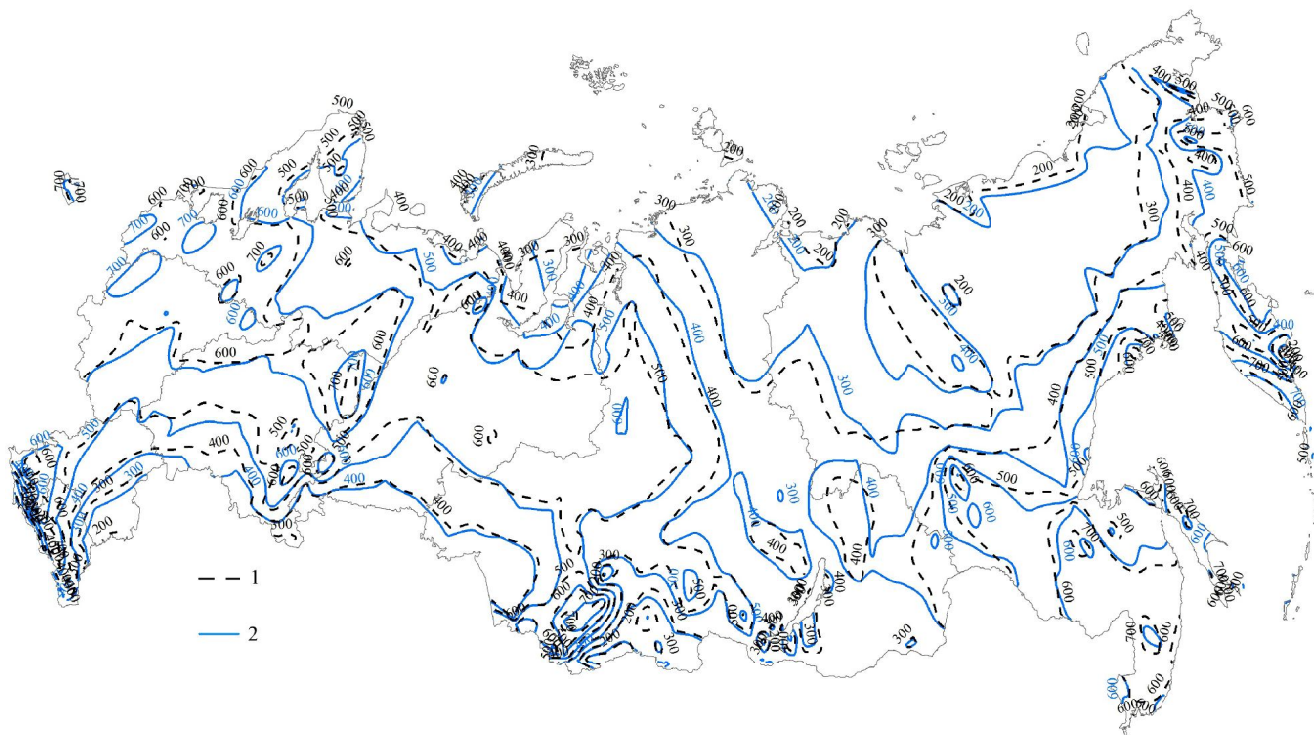


Рис. 3. Среднегодовое количество атмосферных осадков (мм) в 1966–1985 гг. (1) и 1986–2012 гг. (2)

Fig. 3. The average annual amount of precipitation (mm) during 1966–1985 (1) and 1986–2012 (2)

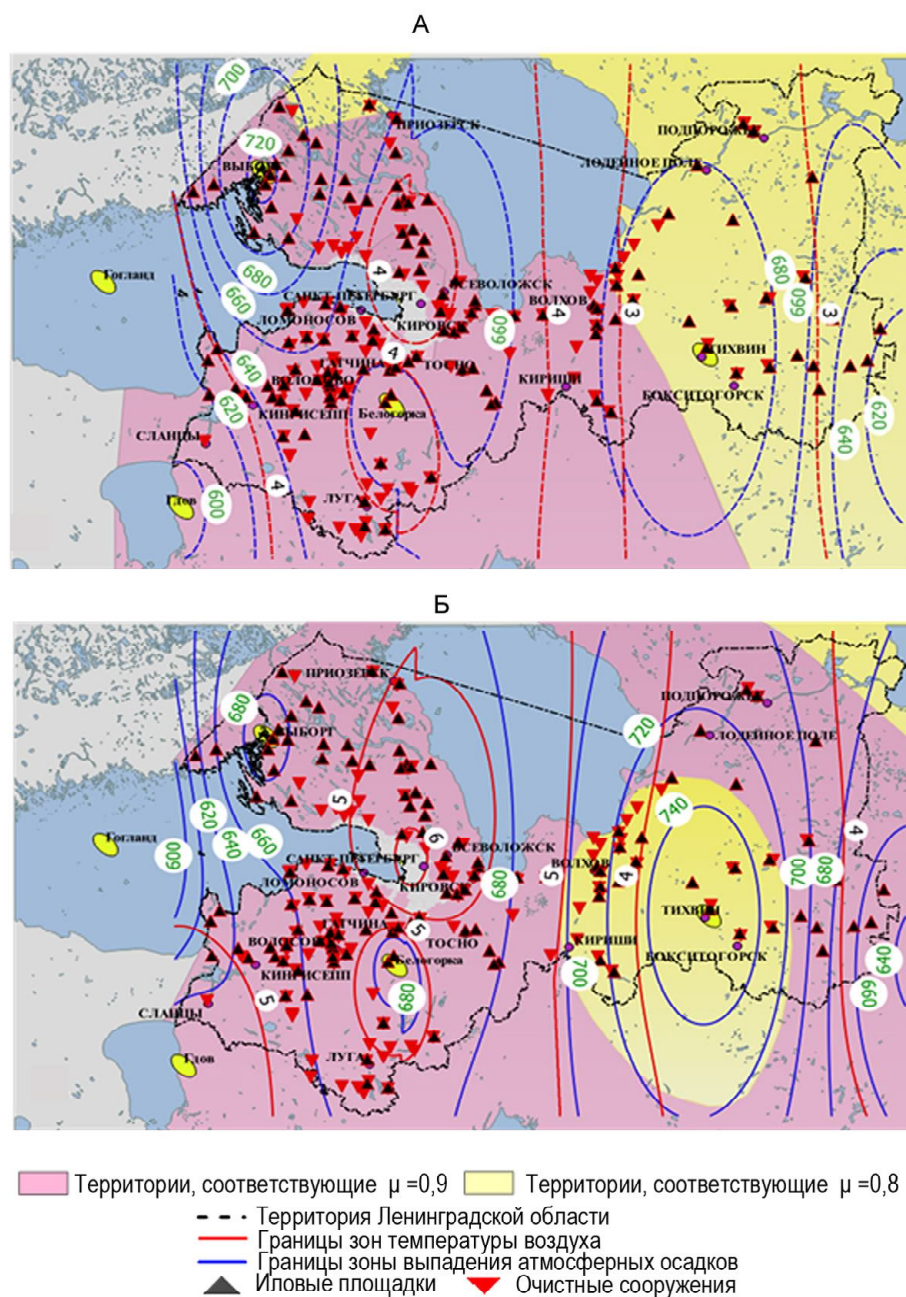


Рис. 4. Смена влияния климатических коэффициентов на иловые площадки в 1958–1985 гг. (А) и 1986–2012 гг. (Б)

Fig. 4. Changes of the influence of climatic factors on sludge drying beds during 1958–1985 (А) and 1986–2012 (Б)

Эти исследования показали, что изменение годовых сумм осадков имеет синусоидальный вид с четко выраженными фазами временного цикла. Маловодная фаза (K_c) занимает значительно меньший период (всего семь лет из 49, 1966–1972 гг., для Санкт-Петербурга, Старой Руссы и Выборга), с 1966 по 1983 гг. – для Тихвина и весьма значительный для Белогорки (с 1966 по 2002 гг., 36 лет). Многоводная фаза (K_n) охватывает период 39 лет (1973–2012 гг.) для Санкт-Петербурга, Старой Руссы и Выборга, 28 лет (1984–2012 гг.) для Тихвина и наименьший – 10 лет (2002–2012 гг.) для Белогорки (таблица, рис. 5).

Для Тихвина количество лет со среднегодовым превышением осадков в диапазоне $\mu=1$ составило 35 лет из 49 с максимумом 995 мм, для Выборга – 6 лет с максимумом 995 мм, для Старой Руссы – 8 лет с максимумом 920 мм, для Белогорки – 18 лет, с максимумом 826 мм. Проведенный анализ многолетней динамики осадков и температуры (рис. 6) показал определенное наличие статистически незначимых трендов в рядах температуры и их отсутствие для атмосферных осадков.

Диапазон μ маловодной фазы (K_c) от 0,89 до 0,986 и многоводной фазы (K_n) – от 1,0

Т а б л и ц а

Значения ординат ИРК и степени отклонения фаз

Тихвин		Старая Русса		Санкт-Петербург		Белогорка		Выборг	
<i>Kc</i>	<i>Kn</i>	<i>Kc</i>	<i>Kn</i>	<i>Kc</i>	<i>Kn</i>	<i>Kc</i>	<i>Kn</i>	<i>Kc</i>	<i>Kn</i>
0,94	1,02	0,94	0,99	0,89	1,0	0,986	1,0	0,93	1,0
1966–1983	1984–2012	1966–1973	1974–2012	1966–1973	1974–2012	1966–2002	2003–2012	1966–1973	1974–2012
±8%		±5%		±11%		±1,4%		±7%	

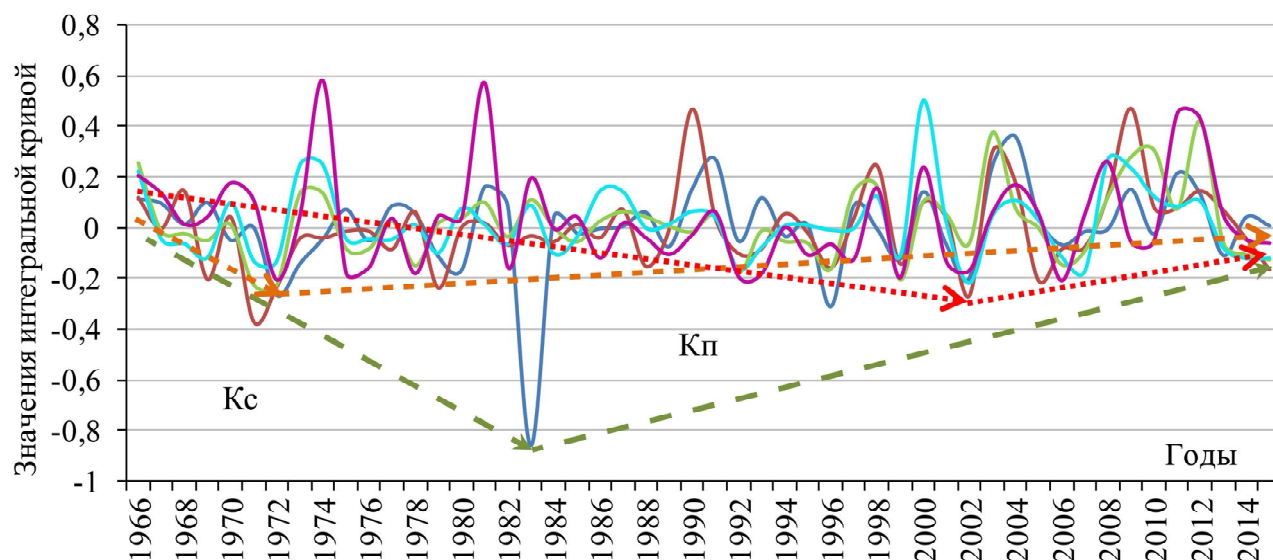


Рис. 5. Значение ИРК многолетней динамики выпадения осадков

Fig. 5. Value of integrated difference curves of the long-term precipitation dynamics

до 1,02. Амплитуда общего цикла осадков составляет 0,858.

Так, для юго-западной части Ленинградской области (Белогорка) степень отклонения μ не превышает $\pm 1,4\%$, западной части (Тихвин) – $\pm 8\%$; южной (Старая Русса) – $\pm 5\%$; северной (Выборг) – $\pm 7\%$. Наибольшая степень отклонения наблюдается для Санкт-Петербурга – $\pm 11\%$.

Отсутствие корреляции между хронологическими рядами температуры и осадков (хотя их колебания имеют значительное сходство) и в то же время заметный рост среднегодовых величин атмосферных осадков обуславливают необходимость дополнительно учитывать закономерности изменения циклических колебаний при расчете и оценке эксплуатационной эффективности иловых площадок [Матвеева и др., 2015; Золина, Булыгина, 2016; Чернокульский и др., 2018].

Таким образом, результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что регламентируемые в актуальной редакции нормативной документации требования, начиная с 1986 г. по настоящее время, не отражают реальные климатические осо-

бенности регионов, что могло способствовать проектным и эксплуатационным ошибкам в управлении природно-техническими системами обработки отходов водоотведения.

Выводы:

– несмотря на наблюдаемый рост температуры воздуха, наиболее значимым фактором влияния на эксплуатацию иловых площадок является количество атмосферных осадков, воздействие которых не определяется границами мезоклиматической зоны и должно учитываться в каждом конкретном случае;

– существует вероятность того, что проекты природно-технических систем обработки отходов водоотведения, выполненные согласно нормативной документации, могли зачастую содержать ошибки при градации территорий по климатической нагрузке. Вследствие этого эксплуатация и эффективность иловых площадок могла значительно снижаться, что могло стать причиной их захламления и последующей трансформации в объекты накопленного экологического вреда [Dregulo, Vitkovskaya, 2018; Dregulo et al., 2019].

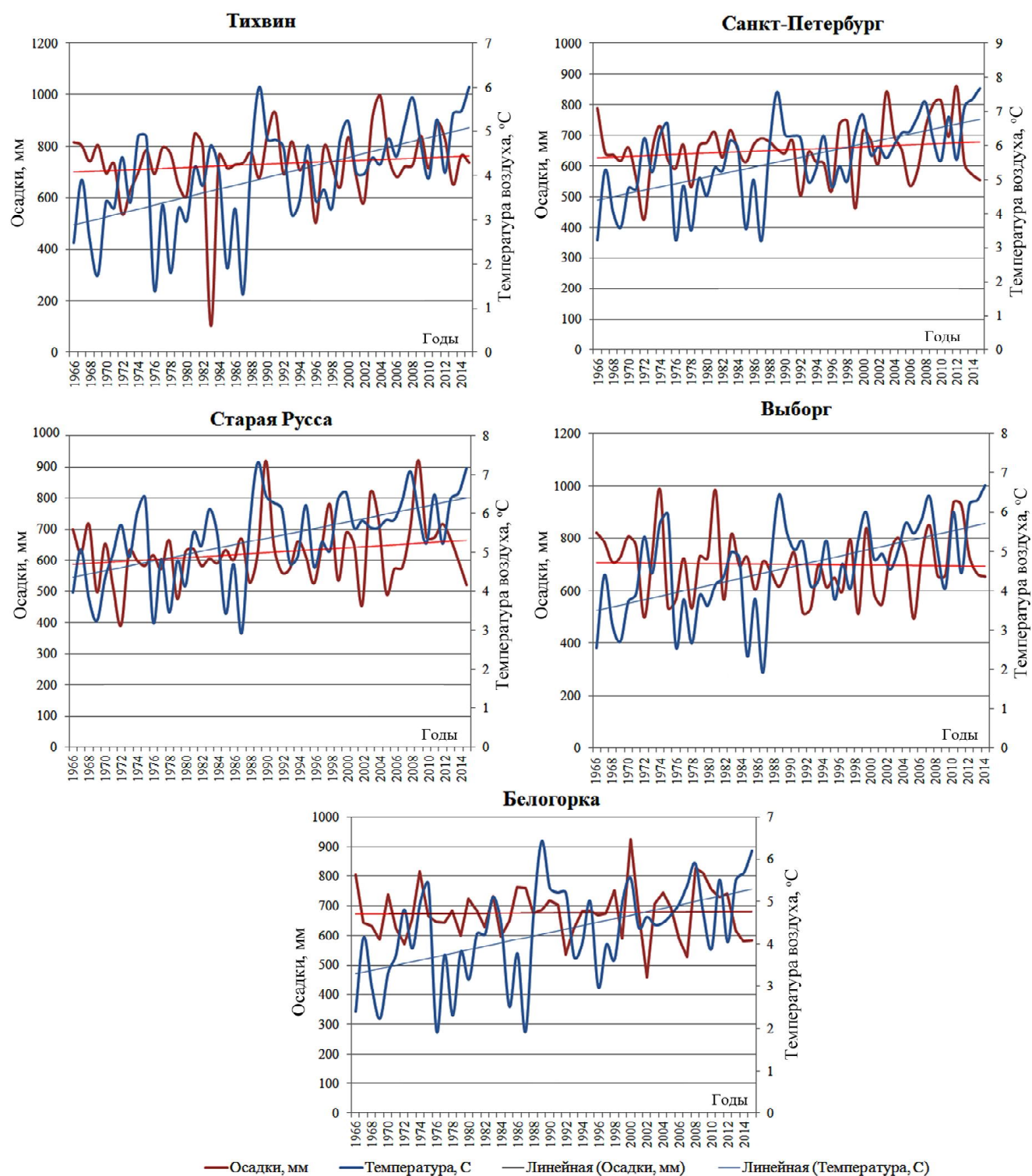


Рис. 6. Динамика среднегодовых атмосферных осадков и температуры воздуха в Санкт-Петербурге и Ленинградской области за 1966–2012 гг.

Fig. 6. Dynamics of average annual precipitation and air temperature in Saint Petersburg and the Leningrad region during 1966–2012

Благодарности. Автор выражает благодарность старшему научному сотруднику НИЦЭБ РАН, канд. техн. н. Петухову В.В. за оказанную помощь в обработке климатических данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Учебник для вузов. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 704 с.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М.: Росгидромет, 2014. 61 с.

Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. Природные и антропогенные экологические катастрофы. Классификация и основные характеристики // Исследование Земли из космоса. 2010. № 2. С. 72.

Дрегало А.М., Кулибаба В.В., Гильдеева И.М. Иловые площадки как специфические объекты прошлого экологического ущерба (в частном бассейне Финского залива) // Общество. Среда. Развитие. 2016. № 3. С. 115–119.

Дроздов О.А. О свойствах интегрально-разностных кривых // Труды Главной геофизической обсерватории. 1962. Вып. 162. С. 3–6.

Евилевич А.З. К расчету иловых карт // Водоснабжение и санитарная техника. 1957. № 10. С. 30–32.

Золина О.Г., Булыгина О.Н. Современная климатическая изменчивость характеристик экстремальных осадков в России // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. Т. 1. С. 84–103.

Матвеева Т.А., Гуцина Д.Ю., Золина О.Г. Крупномасштабные индикаторы экстремальных осадков в прибрежных природно-экономических зонах европейской территории России // Метеорология и гидрология. 2015. № 11. С. 20–32.

Чернукульский А.В., Козлов Ф.А., Золина О.Г., Булыгина О.Н., Семенов В.А. Климатология осадков разного генезиса в северной Евразии // Метеорология и гидрология. 2018. № 7. С. 5–18.

Curriero F.C., Patz J.A., Rose J.B., Lele S. The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in

the United States, 1948–1994. *American journal of public health*, 2001, vol. 91(8), p. 1194–1199.

Dregulo A.M., Kudryavtsev A.V. Transformation of technonatural systems of water treatment to objects of past environmental damage: peculiarities of the legal and regulatory framework. *Water and Ecology*, 2018, no. 3(75), p. 54–62. DOI: 10.23968/2305-3488.2018.20.3.54-62.

Dregulo A.M., Vitkovskaya R.F. Microbiological evaluation of soils of sites with accumulated ecological damage (Sewage Dumps). *Fiber Chemistry*, 2018, vol. 50, iss. 3, p. 243–247. DOI: 10.1007/s10692-018-9965-4.

Dregulo A.M. Identification and prediction of climatic loads for design and operation of drying beds. *Water and Ecology*, 2019, vol. 24, iss. 1, p. 35–43. DOI: 10.23968/2305-3488.2019.24.1.35-43.

Dregulo A.M., Pitulko V.M., Rodionov V.Z., Kulibaba V.V., Petukhov V.V. Geoecological evaluation of environmental damage to the results of long-term dynamics of benzopyrene and petroleum within landfill sludge. 2 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. T. 321. 2019. 012003. DOI: 10.1088/1755-1315/321/1/012037.

Электронные ресурсы

Изменение климата. Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment/# (дата обращения 29.10.2018).

«Климат России»: научно-прикладной справочник. URL: <http://aisori.meteo.ru/Clspr> (дата обращения 20.04.2019).

О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году. Государственный доклад. URL: <http://www.ecogsdoklad.ru/> (дата обращения 20.04.2019).

СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (с Изменением № 1). Дата введения 2013-01-01. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200094155> (дата обращения 20.04.2019).

Поступила в редакцию 22.08.2019

После доработки 16.05.2020

Принята к публикации 06.08.2020

A.M. Dregulo^{1,2}

INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON THE OPERATION OF NATURAL-TECHNICAL SYSTEMS FOR THE SEWAGE SLUDGE TREATMENT 120

The prospects of the use of solar energy, which helps to reduce capital costs for the treatment of sewage sludge under natural conditions, provides leadership in the selection of natural-technical systems for the treatment sewage sludge – drying beds (sewage dumps). A distinctive feature of the functioning of drying beds is the direct dependence of the operating mode on the climate load (μ), i. e. the combined influence of average annual air temperature and precipitation. The dynamics of μ was studied for drying beds located within the territory of the Leningrad region. The paper analyzes the regulatory requirements and recommendations for the operation of drying beds that «migrate» from one version of regulatory documents to another. The main standard criteria of climate load (μ) do not match the actual influence of average annual air temperature and precipitation as basic parameters of the operation of natural-technical waste treatment systems. It was found that the average annual amount of precipitation exceeded the established norms by 1 to 3 steps, while the range of average annual air temperatures of the entire chronological series corresponded to the standard step of ranking. The influence of atmospheric precipitation changed the value of μ and its territorial specifics. The results of the study allow for the conclusion that the increasing precipitation could contribute to the loss of operational and environmental protection properties of the natural-technical sewage sludge treatment systems designed and operated in accordance with the regulatory requirements.

¹ St. Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Researcher, PhD in Biology; e-mail: a.dregulo@spbu.ru

² Scientific Research Center for Ecological Safety of the Russian Academy of Sciences, Laboratory for Geoecological Problems of Natural and Economic Systems and Urbanized Territories, Senior Scientific Researcher

Key words: drying beds, sewage sludge, climate impact, standards, environmental damage

Acknowledgements. The author is grateful to V.V. Petukhov, PhD in Geography, Senior Scientific Researcher of the Scientific Research Center for Ecological Safety of the Russian Academy of Sciences, for the assistance in climatic data analysis.

REFERENCES

- Chernokulsky A.V., Kozlov F.A., Zolina O.G., Bulygina O.N., Semenov V.A. Klimatologiya osadkov raznogo genezisa v severnoj Evrazii [Climatology of Precipitation of Different Genesis in Northern Eurasia]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2018, no. 7, pp. 5–18. (In Russian)
- Curriero F.C., Patz J.A., Rose J.B., Lele S. The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948–1994. *American journal of public health*, 2001, no. 91(8), pp. 1194–1199.
- Dregulo A.M., Kudryavtsev A.V. Transformation of technonatural systems of water treatment to objects of past environmental damage: peculiarities of the legal and regulatory framework. *Water and Ecology*, 2018, no. 3(75). pp. 54–62. DOI: 10.23968/2305-3488.2018.20.3.54–62.
- Dregulo A.M., Vitkovskaya R.F. Microbiological evaluation of soils of sites with accumulated ecological damage (Sewage Dumps) *Fiber Chemistry*, 2018, vol. 50, iss. 3, pp. 243–247. DOI: 10.1007/s10692-018-9965-4.
- Dregulo A.M. Identification and prediction of climatic loads for design and operation of drying beds. *Water and Ecology*, 2019a, no. 24(1), pp. 35–43. DOI: 10.23968/2305-3488.2019.24.1. 35–43.
- Dregulo A.M., Kulibaba V.V., Gil'deeva I.M. Ilovye ploshhadki kak specificheskie objekty proshlogo jekologicheskogo ushherba (v chastnom bassejne Finskogo zaliva) [The Sludge Landfill as Specifically Object of Past Environmental Damage (in the Gulf of Finland)]. *Obshhestvo. Sreda. Razvitie*, 2016, no. 3, pp. 115–119. (In Russian)
- Dregulo A.M., Pitulko V.M., Rodionov V.Z., Kulibaba V.V., Petukhov V.V. Geoecological evaluation of environmental damage to the results of long-term dynamics of benzopyrene and petroleum within landfill sludge. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2019, 321, 012037. DOI: 10.1088/1755-1315/321/1/0120.
- Drozdov O.A. O svoystvakh integral'no-raznostnykh krivykh [On the properties of integrated difference curves]. *Trudy Glavnoj geofizicheskoy observatorii*, 1964, no. 62, pp. 3–6. (In Russian)
- Zolina O.G., Bulygina O.N. Sovremennaja klimaticheskaja izmenchivost' harakteristik jekstremal'nykh osadkov v Rossii [Current climatic variability of extreme precipitation in Russia]. *Fundamental and Applied Climatology*, 2016, vol. 1, pp. 84–103. (In Russian)
- Web sources*
- Izmenenie klimata. Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki, URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment/# (access date 29.10.2018).
- KLIMAT-ROSSII. Nauchno-prikladnoj spravochnik, URL: <http://aisori.meteo.ru/ClspR>.
- O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2014 godu. Gosudarstvennyj doklad, URL: <http://www.ecogodoklad.ru/> (access date 20.04.2019).
- SP 32.13330.2012 Kanalizacija. Naruzhnye seti i sooruzhenija. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.04.03-85 (s izmenenijem no. 1) Data vvedenija 2013-01-01, URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200094155> (access date 20.04.2019).

Received 22.08.2019

Revised 16.05.2020

Accepted 06.08.2020