



Фото: Дмитрий Нандицкий viomsk.ru

Оценка значимости риска влияния климата на состояние иловых площадок

Введение

Климатические изменения на нашей планете происходят не только за счёт антропогенных факторов, но и из-за природных опасных гидрометеорологических явлений, влияющих на наблюдаемые и прогнозируемые долгосрочные изменения средних климатических показателей и экстремальных, включая такие аномалии, как засухи, сильные штормы и наводнения.

Согласно данным ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белгидромет), на территории Беларуси в последние десятилетия потепление климата происходило в среднем, как и по всему земному шару, на 0,45 °C за 10 лет.

Одним из проявлений климатических изменений является увеличение во многих регионах изменчивости и экстремальности климата. Например, на территории Беларуси участились опасные явления погоды, а также инициированные ими техногенные чрезвычайные ситуации, причём опасные гидрометеорологические явления, наблюдаемые в течение двух последних десятилетий, оказались более интенсивными и разрушительными, чем когда-либо [1]. По данным МЧС Республики Беларусь, наиболее разрушительными были наводнения, лесные пожары и аномальная жара.

Большую роль в оценке потенциальных убытков от влияния рисков природ-

ных катастроф играют релевантные и качественные исторические данные о произошедших катастрофах и ущербе от них. Во всём мире создаются и поддерживаются центры накопления информации о реализовавшихся природных катастрофах, размере ущерба от них, информации о покрытии ущерба страхованием, сумме страховых выплат. Накапливается и анализируется информация о подверженности регионов климатическим рискам. На основании такой информации строятся прогнозы и вероятностные модели [2].

Как же влияют климатические изменения на работу очистных сооружений и эксплуатацию иловых площадок, расположенных на территории Республики Беларусь? За период 1981–2021 годов на сети станций гидрометеорологических наблюдений Беларуси было зарегистрировано 1035 опасных гидрометеорологических явлений (ОГЯ): очень сильный ветер, очень сильный дождь и ливень, крупный град, очень сильная жара, заморозки, атмосферные и почвенные засухи. Из них ущерб отраслям экономики и населению нанесли 530 явлений или 58%. Относительно невысокий удельный вес опасных гидрометеорологических явлений, нанёсших ущерб, объясняется отсутствием донесений об ущербе, если он был незначителен либо явление наблюдалось в относительно малонаселённой местности. Также значение имеет пространственное распределение некоторых видов ОГЯ.

Рецензия эксперта на статью получена
19.04.2022 [The expert review of the article
received on April 19, 2022].

УДК 628.336.411:004.413.4. Научная специальность: 05.23.04.

Оценка значимости риска влияния климата на состояние иловых площадок

А. Б. Невзорова, д.т.н., профессор; **О. К. Новикова**, к.т.н., доцент, [Белорусский государственный университет транспорта \(БелГУТ\)](#), г. Гомель, Республика Беларусь

Предложена комплексная схема оценки уровней эколого-социального риска загрязнения в виде матрицы при наступлении опасных гидрометеорологических явлений для решения задачи предупреждения риска аварийных загрязнений окружающей среды (почвы и атмосферы) при эксплуатации иловых площадок в период возникновения определённого неблагоприятного сочетания климатических сигналов и их последствий.

Ключевые слова: иловые площадки, климат, риск, ущерб.

UDC 628.336.411:004.413.4. The number of scientific specialty: 05.23.04.

Assessment of the significance of the risk of climate influence on the condition of silt sites

A. B. Nevzorova, Doctor of Technical Sciences, Professor; **O. K. Novikova**, PhD, Associate Professor, [Belarusian State University of Transport](#) (Gomel city, Republic of Belarus)

A comprehensive scheme for assessing the levels of ecological and social risk of pollution in the form of a matrix at the onset of dangerous hydrometeorological phenomena is proposed to solve the problem of preventing the risk of accidental environmental pollution (soil and atmosphere) during the operation of sludge maps of sewage treatment plants during the occurrence of a certain unfavorable combination of climatic signals and their consequences.

Key words: silt maps, treatment facilities, climate, risk, damage.



■ Рис. 1. Комплексная схема оценки уровня эколого-социального риска загрязнения

Проанализировав текущие и будущие погодные и климатические риски для территории Беларуси, очевидна в будущем высокая повторяемость ОГЯ (в основном очень сильных дождей и ливней) и экстремальных высоких температур воздуха, что может негативно отразиться на содержании площадок (карт) с депонированным избыточным илом из очистных сооружений сточных вод [3].

Цель работы — провести оценку воздействия иловых площадок на окружающую среду в условиях изменения климата. При этом ставятся задачи по определению характера, степени и масштаба влияния объекта хозяйственной деятельности на экологические и социальные факторы и построению матрицы распределения значений уровня эколого-социального риска в зависимости от территории распространения загрязнений от иловых площадок при возникновении опасных гидрометеорологических явлений.

Разработка эффективных технологий очистки сточных вод является насущной необходимостью для устойчивого управления водными ресурсами. Однако, согласно современным технологиям, очистные сооружения, возвращая природе чистую воду, генерируют отходы, самым неприятным из которых является активный ил — отработанный или излишек, которые вместе образуют осадок сточных вод. На каждый килограмм общего количества органических загрязнителей в аэротенке, где происходит осаждение, образуется 350 г активного ила.

Поддержание баланса активного ила является одним из важнейших факторов при эксплуатации очистных сооружений, поскольку как его дефицит, так и избыток негативно влияют на процесс очистки воды. Таким образом, образующийся избыточный осадок всё время приходится удалять из аэротенков, осаждая в накопительные пруды [4, 5].

Широкое применение методов почвенного депонирования иловых осадков с 1950-х годов приводит к образованию объектов прошлого (накопленного) экологического ущерба — иловых площадок (или прудов, карт), выведенных из хозяй-

ственного оборота или с несанкционированным пополнением их. Токсичность избыточных илов и длительные сроки жизненного цикла иловых площадок обуславливают специфичность данных объектов. Многофакторное воздействие иловых площадок может быть вызвано высоким содержанием в твёрдой фазе иловых осадков тяжёлых металлов, органических загрязнителей, отнесённых к группе диоксиноподобных, и специфичных микроценозов, многие из которых отнесены к группе суперэкоотоксикантов. По данным строительных и санитарно-гигиенических нормативов, сроки выдерживания осадков сточных вод на иловых площадках, обеспечивающие их полную дезинвазию, составляют: при весенней заливке — 45 месяцев; летней — 42 месяцев; осенней — 39 месяцев; зимней — 48 месяцев.

Широкое применение методов почвенного депонирования иловых осадков с 1950-х годов приводит к образованию объектов накопленного экологического ущерба — иловых площадок

Тем не менее, учитывая результаты предыдущих исследований, указания на комплексные данные по воздействию на гидрогеологическую обстановку района расположения иловых площадок в существующей специализированной литературе отражены слабо. Структурно-функциональные особенности выведенных из эксплуатации иловых площадок, как объектов утилизации избыточного ила из очистных сооружений, и их жизненный цикл практически не изучены [6, 7].

Одним из компонентов экологического риска хранения ила на открытых площадках недалеко от населённых пунктов является риск нанесения ущерба здоровью людей в условиях глобального изменения климата. В этой работе мы будем учитывать эколого-социальный риск, то есть комбинацию вероятности или частоты возникновения определённой опасности и величины последствий климатического

события на загрязнения от иловых площадок не только на окружающую среду, но и на здоровье социума, и на его взаимоотношения с местными органами самоуправления.

Некоторые исследователи утверждают о преимуществах с точки зрения изменения климата и выбросов парниковых газов от осадка сточных вод, перерабатываемого в сельское хозяйство, в частности о том, что часть углерода в осадке, используемом в сельском хозяйстве, будет поглощаться в почве [8–10]. Однако достоверные научные данные по остатку углеродного следа от осадка сточных вод отсутствуют, поэтому он не учитывается в Национальном кадастре Беларуси.

Что касается загрязнения воздуха, то замена химического удобрения осадком сточных вод уменьшает выбросы закиси азота, связанные с этим удобрением. Считается, что всего лишь 20% азота в переработанном осадке легко доступно для растений, поэтому выбросы N_2O в результате его распространения больше, чем сокращение N_2O от вытесненного удобрения. Однако в настоящее время осушённый осадок сточных вод в виде избыточного ила недостаточно часто применяется ввиду отсутствия технологических условий, несоответствия современным экологическим тенденциям и возникающих организационных трудностей.

Уровень эколого-социального риска (ЭСР) загрязнения окружающей природной среды и влияние его на социум, в том числе и при возникновении определённого неблагоприятного сочетания климатических сигналов, рассчитывается как:

$$LR = RD,$$

где LR — уровень ЭСР — степень опасности нанесения ущерба (D) окружающей среде и человеку в результате изменения состояния иловых площадок; R — величина риска (вероятность) возникновения загрязнения при возникновении климатического сигнала распространением неблагоприятных газовых выделений в воздушную и загрязнения тяжёлыми металлами подземных вод и земли от иловых площадок; D — величина ущерба окружающей среде и здоровью человека в результате загрязнения близлежащей территории от иловых площадок при возникновении климатического сигнала.

Комплексную оценку уровня ЭСР загрязнения при возникновении климатического сигнала от иловых площадок в результате неблагоприятного сочетания климатических сигналов и возникновении опасных явлений отобразим в виде схемы (рис. 1).

В табл.1 приведена шкала оценки вероятности наступления ЭСР от климатических воздействий, как иллюстрация результата взаимодействия связанных с климатом опасностей (включая опасные явления и тренды), уязвимости и подверженности антропогенных систем (в виде иловых площадок) возникновению опасных явлений и медленных изменений при хранении накопленного ила очистных сооружений. Изменения, как в климатической системе (столбики 1 и 2 табл. 2), так и в социально-экономических процессах, включая адаптацию и смягчение воздействий (столбик 3 и 4 табл. 2), являются движущими факторами опасности, подверженности и уязвимости.

Как следует из табл. 1 и 2, сильная жара и увеличение количества жарких дней (волн жары) имеют значительный риск частого повторения и продолжительности, что повлечёт за собой вероятность усиления появления и распространения по значительной территории неблагоприятного воздушного фона и ухудшение качества окружающей среды для населения, а для сооружений (иловых площадок) повлечёт за собой деградацию загрязнитель-

:: Шкала оценки вероятности наступления эколого-социального риска (R)

табл. 1

Оценка риска, баллы	Значимость риска	Описание	Приоритет мероприятий по снижению риска	Вероятность наступления, %
1	Малый	Риск не проявится	Специальных мер не требуется. Следует контролировать уровень опасности	95
2	Умеренный	Риск скорее всего не проявится	Следует спланировать и выполнять мероприятия по снижению риска	75
3	Значительный	Вероятность проявления и не проявления риска равна	Необходимо запланировать и выполнять мероприятия по снижению риска в сжатые сроки	50
4	Высокий	Риск скорее всего проявится	Необходимо принятие экстренных мер по снижению риска	25
5	Сверх-высокий	Риск наверняка реализуется	Необходимо прекратить деятельность до устранения или снижения риска	5

Сильная жара и увеличение количества жарких дней имеют значительный риск частого повторения и продолжительности, что влечёт за собой ухудшение качества окружающей среды для населения, а для рассматриваемых сооружений (иловых площадок) деградацию загрязнительного почвенного покрова и проникновения токсичных веществ в почву

ного почвенного покрова и проникновения токсичных веществ в почву.

При появлении риска загрязнения окружающей среды из-за возникновения определённого неблагоприятного сочетания климатических сигналов необходимо провести и экономическую оценку экологического ущерба. Для этого определим категории экологического ущерба от пространственного распространения воздушного и подземного загрязнения от иловых площадок.

:: Влияние климатических сигналов и медленных изменений на иловые площадки

табл. 2

Хранение ила очистных сооружений	Описание прямых физических воздействий	Риски (возможный ущерб для здоровья людей, инфраструктуры и процессов)	Тяжесть рисков*	Возможные меры адаптации
	1	2	3	4
Климатический сигнал / опасные явления				
Проливные дожди	Высокая подверженность объектов размыванию границ иловых площадок. Подверженность воздействию плоскостной эрозии	Ущерб объектам канализации. Угроза распространения загрязнения на лесной массив. Загрязнение почвы, подземных вод токсичными компонентами с иловых площадок за счёт инфильтрации	2	Технологические. Регулирование стока поверхностных вод с помощью вертикальной планировки территории; установление охранных зон, укрепление
Грозы	Повреждение электрических систем	Риск прекращения электроснабжения, нарушение работы станции очистки сточных вод, выход из строя электрооборудования	3	Оперативные. Обеспечение резерва, второго источника питания электросетей или генератора
Сильная жара	Увеличение испарения с поверхности зеркала иловой площадки. Подверженность объектов загниванию. Расширение неблагоприятного газовойоздушного фона	Риск повышенного выделения CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O с иловых площадок. Ущерб объекта канализации	3	Инженерно-технические. Развитие водохозяйственной инфраструктуры, сокращение утечек
Сильный мороз	Снижение биологической активности. Подверженность намораживанию (промерзанию), наледообразованию	Опасность обморожения для людей. Риск продления сроков переработки ила	1	Инженерно-технические
Климатический сигнал / медленные изменения				
Сильный снег, метели	Не воздействуют	Отсутствует	1	—
Сильный ветер	Вывос с иловой площадки физических частиц и создание неблагоприятного газовойоздушного фона по направлению ветра в радиусе до 12 км	Риск распространения микрочастиц ила. Приступы тошноты у населения. Жалобы населения на сильный запах	2	Инженерно-технические
Повышение среднегодовой температуры	Увеличение количества избыточного ила в очистных сооружениях	Риск изменения доминантных видов растительности с возникновением нового биома и невозможности возврата в прежнее состояние	2	Расширение применения влагосберегающих технологий
Увеличение количества жарких дней. Волны жары	Восприимчивость природных экосистем. Расширение неблагоприятного газовойоздушного фона	Риск изменения состава и структуры экосистемы, в том числе деградация почвенного покрова. Риск пожара	3	Контроль за соблюдением требований правил пожарной безопасности в лесах; создание системы противопожарных барьеров, устройство лесных дорог и водоёмов
Увеличение продолжительности вегетационного периода	Восприимчивость природных экосистем	Риск повышенного доминирования инвазивных организмов	1	Охрана и расширение лесополос и других природных объектов и экосистем
Более частые перемены температуры через 0 °С	Могут спровоцировать существенные изменения в метаболических процессах у организмов, общей продуктивности экосистем, выживании гидробионтов	Риск быстрого старения и разрушения материалов конструкции сооружений	2	Мониторинг состояния иловых площадок

* Степень тяжести риска по шкале от 1 (незначительные риски) до 5 (катастрофические риски).

Оценка величины эколого-социального ущерба по территории распространения табл. 3

№	Категория и характеристика экологического ущерба <i>D</i> для матричной модели		Территория распространения, км ²	Масштаб загрязнения, значение
	ущерб	степень загрязнения окружающей среды		
1	Небольшой	Небольшое	< 1	Локальное
2	Незначительный	Незначительно	1–5	Районное
3	Значительный	Значительно	5–15	Территориальное
4	Критический	Крупный	15–25	Региональное
5	Катастрофический	Чрезвычайный	> 25	Республиканское

Матрица распределения значений уровня эколого-социального риска табл. 4

Риски и ущербы			Значение уровня <i>LR</i> при климатических изменениях				
Риск возникновения загрязнения при возникновении климатического сигнала <i>R</i> , баллы	5	Крайне вероятно (5%)	5	10	15	20	25
	4	Наиболее вероятно (15%)	4	8	12	16	20
	3	Вероятно (50%)	3	6	9	12	15
	2	Маловероятно (75%)	2	4	6	8	10
	1	Крайне редко (95%)	1	2	3	4	5
Эколого-социальный ущерб от территории распространения загрязнения <i>D</i> , баллы			Небольшой	Незначительный	Значительный	Критический	Катастрофический
			1	2	3	4	5

Разработанные оценочные шкалы категорий экологического риска *R* (табл. 2) и экологического ущерба *D* (табл. 3) являются необходимыми инструментами для определения уровня экологического риска *LR* (табл. 4) загрязнения окружающей среды (почвы и атмосферы) от рабочих иловых площадок.

Первейшая проблема в устаревшей технологии обезвоживания ила, представляющая из себя наполнение гигантских резервуаров и удаление влаги из них естественным путём. Данные резервуары (площадки) находятся рядом с городами и, занимая значительные площади, распространяют специфический запах, который порождают такие химические соединения, как аммиак, сероводород, формальдегид, меркаптаны и пр., на многие



Фото: ООО «Красноярский НКХ», krasnom.com

Иловые поля очистных сооружений города Красноярск



Фото 1. Иловая площадка (Минский район, Республика Беларусь)

километры вокруг. Это связано с нарушением технологии переработки ила, когда в старые пруды продолжают сбрасывать новообразовавшийся избыточный ил, который возобновляет процессы биологического разложения с выделением газообразных продуктов.

И, пока строятся новые площадки для депонирования избыточного ила, старые иловые хозяйства являются одним из основных загрязнителей атмосферного воздуха — это следует из статистических данных Национального комитета статистики и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за 2020–2021 годы.

Недостаточно хорошее состояние иловых площадок (образование прудов) вследствие старения и неудовлетворительного технического обслуживания в качестве примера показано на фото 1.

Управление экологическими рисками по эксплуатации площадок с депонированным избыточным илом от очистных

сооружений подразумевает выявление опасности на ранних стадиях хозяйственной деятельности, сопряжённой с климатическими рисками и повторяемостью ОГЯ, и разработку мер по устранению этих опасностей или снижению вероятности их проявления.

События, связанные с политикой в области изменения климата и использования возобновляемых источников энергии, также повлияют в настоящем и будущем на управление осадками сточным вод и переработку или утилизацию избыточного ила в том плане, что:

□ привлечёт повышенное внимание экологических организаций и заинтересованных должностных лиц к проблеме изменения климата и смягчения послед-

Фото: onf.ru, МУП «Водоканал» г. Казань



•• Иловые поля очистных сооружений города Казань

ствий выброса парниковых газов, что способствует признанию преимуществ применения осадка в почвах;

□ будут усилены инвестиции в доработку технологий по обработке осадка с рекуперацией энергии путём анаэробного сбраживания, сжигания или другой термической обработки с рециркуляцией образующейся золы;

□ возможно увеличение производства и использования биогаза из осадка сточных вод, а также некоторое производство спиртов и других видов топлива непосредственно из осадка сточных вод с использованием пиролиза и газификации;

□ произойдёт более широкое применение ила для выращивания топливных культур, таких как мискантус, гибридные тополя и другие непищевые энергетические культуры;

□ существующие технологии систем очистки сточных вод будут адаптироваться под изменение климата.

Адекватная оценка риска ущерба, обусловленная опасными гидрометеорологическими явлениями, с учётом экономических особенностей административной единицы, может внести свой вклад в решение задачи предупреждения аварийных ситуаций и минимизации ущерба



•• Иловые карты около города Владимира

Фото: zebra-tv.ru



•• Рекультивация иловой площадки вблизи микрорайона Кусуново, город Владимир

По предварительным результатам опроса, респондентам белорусских водоканалов было предложено указать, способна ли их нынешняя технология очистки сточных вод справиться с нагрузками, связанными с изменением климата. Почти $\frac{3}{4}$ респондентов указали, что их технология очистки сточных вод способна преодолеть будущие проблемы, связанные с изменением климата. Чуть более $\frac{1}{4}$ респондентов не были уверены в своей нынешней технологии или в изменении климата.

Заключение

Итак, адекватная оценка риска ущерба, обусловленная опасными гидрометеорологическими явлениями на территории конкретной области, с учётом экономических особенностей административной единицы, может внести свой вклад в решение задачи предупреждения аварийных ситуаций и минимизации ущерба. Такая оценка необходима для разработки мероприятий по снижению риска аварийных загрязнений окружающей среды (почвы и атмосферы) от рабочих иловых площадок при возникновении определённого неблагоприятного сочетания климатических сигналов и их последствий. •

1. Бертош Е., Русаков Д., Лукашевич Т. Национальный доклад: уязвимость и адаптация к изменению климата в Беларуси / Форум восточных стран по климатическим изменениям 2014. — Минск: ПДУП «Типография Федерации профсоюзов Беларуси», 2014. 45 с.
2. Доклад о научно-методических основах для разработки стратегий адаптации к изменениям климата в Российской Федерации (в области компетенции Росгидромета). — СПб.: Климатический центр Росгидромета; Саратов: Амирит, 2020. 120 с.
3. Лихачёва А.В., Марцель В.Н., Маггел Л., Денис Л. Воздействие иловых площадок на окружающую среду // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім навук, 2001. №1. С. 104–108.
4. Ладыгин К.В., Стомпель С.И. Проблема очистных сооружений — избыточные иловые осадки // Журнал «Экоинж», 2019. №19. С. 41–43.
5. Новикова О.К., Невзорова А.Б. Управление водными ресурсами в малых населённых пунктах Республики Беларусь // Экологический вестник Северного Кавказа, 2020. Т. 16. №2. С. 58–64.
6. Невзорова А.Б., Новикова О.К. Оценка текущего и будущего влияния климата на сферу обращения с илом очистных сооружений коммунальных сточных вод: отчёт. — Минск: ООО «Экопартнерство», 2021. 61 с.
7. Грищенко И.В. Особенности оценки ущерба и рисков, связанных с опасными явлениями погоды, на территории Архангельской области и Ненецкого автономного округа // Труды ГГО, 2011. Вып. 563. С. 137–148.
8. Невзорова А.Б. Анализ рисков инфраструктуры водоснабжения и канализации сельских территорий / Водоснабжение, химия и прикладная экология: Мат. Межд. науч.-практ. конф. (март 2022). — Гомель: БелГУТ, 2022. С. 109–112.
9. Катцов В.М., Школьник И.М., Ефимов С.В. Перспективные оценки изменений климата в российских регионах: детализация в физическом и вероятностном пространствах // Метеорология и гидрология, 2017. №7. С. 68–80.
10. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. — М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.

[References — see page 80.](#)

Assessment of the significance of the risk of climate influence on the condition of silt sites. Pp. 34–38.

Alla B. Neuzorava, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Olga K. Novikova**, PhD, Associate Professor, [Belarusian State University of Transport](#) (Gomel city, Republic of Belarus)

1. E. Bertosh, D. Rusakov, T. Lukashevich. *Nacional'nyj doklad: uязvimost' i adaptacija k izmeneniju klimata v Belarusi* [National Report: Vulnerability and Adaptation to Climate Change in Belarus]. *Forum vostochnykh stran po klimaticheskim izmenenijam 2014* [Forum of Eastern countries on climate change 2014]. Minsk. PDUP "Tipografija Federacii prosojuzov Belarusi" [Production subsidiary unitary enterprise "Printing House of the Federation of Trade Unions of Belarus"]. 2014. 45 p. [In Russian]
2. *Doklad o nauchno-metodicheskikh osnovah dlja razrabotki strategij adaptacii k izmenenijam klimata v Rossijskoj Federacii (v oblasti kompetencii Rosgidrometa)* [Report on the scientific and methodological foundations for developing climate change adaptation strategies in the Russian Federation (within the competence of the Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring ("Roshydromet"))]. St. Petersburg. *Klimatich. centr Rosgidrometa* [Climate Center of "Roshydromet"]; Saratov. Amirit ["Amirit" Publishing]. 2020. 120 p. [In Russian]
3. A.V. Lihacheva, V.N. Marcul', L. Magrel, L. Denis. *Vozdejstvie ilovykh ploshhadok na okruzhashchuju sredu* [The impact of silt pads on the environment]. *Vesci Nac. akad. navuk Belarusi. Ser. him navuk* [Proc. of the National Academy of Sciences of Belarus. Series: Chemical Sciences]. 2001. No. 1. Pp. 104–108. [In Russian]
4. K.V. Ladygin, S.I. Stompel'. *Problema ochistnykh sooruzhenij — izbytochnye ilovyje osadki* [The problem of sewage treatment plants is excessive sludge]. *Zhurnal "Jekoinzh"* ["Ecoeng" Journal of environmental solutions]. 2019. No. 19. Pp. 41–43. [In Russian]
5. O.K. Novikova, A.B. Nevzorova. *Upravlenie vodnymi resursami v malyh naselennykh punktah Respubliki Belarusi* [Water resources management in small settlements of the Republic of Belarus]. *Jekologicheskij vestnik Severnogo Kavkaza* [Ecological Bulletin of the North Caucasus]. 2020. Vol. 16. No. 2. Pp. 58–64. [In Russian]
6. A.B. Nevzorova, O.K. Novikova. *Ocenka tekushhego i budushhego vlijanija klimata na sferu obrashhenija s ilom ochistnykh sooruzhenij kommunal'nykh stochnykh vod: otchet* [Assessment of the current and future impact of climate on the sphere of sludge management in municipal wastewater treatment plants: A report]. Minsk. OOO "Jekopartnerstvo" ["Ecopartnership", LLC]. 2021. 61 p. [In Russian]
7. I.V. Grishhenko. *Osobennosti ocenki ushherba i riskov, svyazannykh s opasnymi javlenijami pogody, na territorii Arhangel'skoj oblasti i Neneckogo avtonomnogo okruga* [Features of assessing damage and risks associated with dangerous weather phenomena in the Arkhangelsk region and the Nenets Autonomous Region]. *Trudy GGO* [Papers of the Voeikov Main Geophysical Observatory]. 2011. Issue 563. Pp. 137–148. [In Russian]
8. A.B. Nevzorova. *Analiz riskov infrastruktury vodosnabzhenija i kanalizacii selitebnykh territorij* [Risk analysis of water supply and sewerage infrastructure in residential areas]. *Vodosnabzhenie, himija i prikladnaja jekologija: Mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. (mart 2022)* [Water supply, chemistry and applied ecology: Proc. of the International Scientific and Practical Conference (March 2022)]. Gomel'. BelGUT [Belarusian State University of Transport]. 2022. Pp. 109–112. [In Russian]
9. V.M. Katcov, I.M. Shkol'nik, S.V. Efimov. *Perspektivnye ocenki izmenenij klimata v rossijskikh regionalah: detalizacija v fizicheskom i verojatnostnom prostranstvax* [Prospective assessments of climate change in Russian regions: detailing in physical and probabilistic spaces]. *Meteorologija i gidrologija* ["Meteorology and hydrology" Magazine]. 2017. No. 7. Pp. 68–80. [In Russian]
10. V.A. Akimov, V.V. Lesnyh, N.N. Radaev. *Osnovy analiza i upravlenija riskom v prirodnoj i tehnogennoj sferah* [Fundamentals of risk analysis and management in natural and man-made areas]. Moscow. *Delovoj jekspress* ["Business Express" Magazine]. 2004. 352 p. [In Russian]