

Индикаторы загрязнения поверхностных вод и их использование для оценки качества водных ресурсов в Пермском крае

С. А. Двинских , О. В. Ларченко, М. А. Оськина

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
Российская Федерация
(614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15)

Аннотация. Цель – выявление индикаторов загрязнения поверхностных вод для оценки качества водных ресурсов в Пермском крае.

Материалы и методы. Материалами исследования послужили проекты нормативов допустимого сброса веществ и микроорганизмов в водные объекты (НДС) предоставленные предприятием, данные о среднегодовых и минимальных концентрации загрязняющих веществ в воде реки Кама и Камского водохранилища (2016-2021), предоставленные Пермским Центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиалом ФГБУ «Уральское УГМС», информация о водозаборе из поверхностных источников по форме статистической отчетности 2-ТП Водхоз «Сведения об использовании воды» (2017-2020), предоставленные Камским бассейновым водным управлением (БВУ).

Результаты и обсуждение. В качестве индикаторов, характеризующих качество воды, предложены индикатор загрязнения воды ($I_{загр}$), характеризующий изменение концентраций анализируемых элементов относительно фона и индикатор загрязнения воды, характеризующий изменение концентраций анализируемых элементов относительно ПДК. Предложены индикаторы объема сброса загрязненных сточных вод предприятием в поверхностные водоемы ($I_{сбр}$) и загрязнения ($I_{загр}^*$) поверхностных вод. Сопоставление индикатора загрязнения с ПДК позволяет оценить самоочищающую способность водного объекта.

Заключение. Расчет показал, что несмотря на то, что значения индикатора загрязнения воды относительно фона больше 1 и говорят об увеличении концентраций загрязняющих элементов по длине участка, величины индикатора $I_{загр}^*$ не превышают 1, кроме значения ХПК в створах Березники и Усть-Пожва по средним и максимальным значениям $I_{загр}^*$ за период наблюдений с 2016 по 2021 годы. Сделан вывод о достаточности самоочищающей способности водохранилища для разбавления поступающих сточных вод предприятий Березниковско-Соликамского промузла.

Ключевые слова: индикатор, загрязнение, устойчивое развитие, химические элементы, самоочищающая способность, водохранилище, ПДК, сточные воды, предприятие, водопользователь.

Для цитирования: Двинских С. А., Ларченко О. В., Оськина М. А. Индикаторы загрязнения поверхностных вод и их использование для оценки качества водных ресурсов в Пермском крае // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2023, № 4, с. 115-122. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/4/115-122>

ВВЕДЕНИЕ

Негативные последствия производственной деятельности предприятий в современных условиях оказывают значительное разрушающее воздействие на состояние окружающей среды, в том числе на водные ресурсы. В настоящее время нестабильная и быстро изменяющаяся внешняя среда заставляет руководителей предприятий пересматривать позиции управления и принимать

решения в условиях неопределенности экологической ситуации в мире. Крупное предприятие на сегодняшний день должно принимать во внимание состояние окружающей среды, тот «след», который оставляет за собой деятельность компании [1]. Только так руководство крупных предприятий сможет обеспечить возможность удовлетворения потребностей будущим поколениям, то есть устойчивое развитие (УР).

© Двинских С. А., Ларченко О. В., Оськина М. А., 2023

 Двинских Светлана Александровна, e-mail: dvins@mail.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

Основным вопросом в этом случае является то, какие показатели нужно использовать при оценке УР основной единицы – конкретного промышленного предприятия. Как показывает анализ публикаций [1, 2, 3, 8] в качестве таких показателей часто используют индикаторы и индексы. Индикатор УР – показатель (выводимый из первичных данных, которые обычно нельзя использовать для интерпретации изменений), позволяющий судить о состоянии или изменении экономических, социальных или экологических переменных [7]. Исходя из вышесказанного, целью работы является разработка показателей устойчивого развития в части рационального потребления водных ресурсов, характеризующих их качество. В данном исследовании под индикатором принимается показатель, позволяющий судить о состоянии или изменении характеристик экологической составляющей (качества водных ресурсов) УР предприятия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методологической основой исследования послужили научные работы отечественных (М. И. Баканов, А. А. Колобов, Е. Н. Кучерова, Г. В. Савицкая) и зарубежных авторов (Дж. Ст. Милль, Й. Шумпетер, Р. Ф. Харрод, Ф. Котлер) в области устойчивого развития, экономики, теории эффективности социально-экономических систем, а также мировая и отечественная практика.

При выполнении данного исследования были использованы следующие материалы: проекты нормативов допустимого сброса веществ и микроорганизмов в водные объекты (НДС) предоставленные изучаемым предприятием-водопользователем; данные о среднегодовых и минимальных концентрации загрязняющих веществ в воде реки Кама и Камского водохранилища с 2016 по 2021 годы, предоставленные Пермским Центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиалом ФГБУ «Уральское УГМС»; информация о водозаборе из поверхностных источников по форме статистической отчетности 2-ТП Водхоз «Сведения об использовании воды» за 2017-2020 годы, предоставленные Камским БВУ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ежегодно статистической отчетностью регистрируется объем сброшенных сточных вод с подразделением на «загрязненные», «нормативно чистые» и «нормативно очищенные». Такое разделение часто оказывается весьма условным. Так, коллекторно-дренажные воды с орошаемых земель до 1999 года относились к категории «норма-

тивно чистых» при фактической загрязненности ядохимикатами, соединениями азота и фосфора. При всей условности деления сточных вод на эти категории наибольшее негативное воздействие на природные водные объекты оказывает фактическое количество загрязненных сточных вод, поступающих в водный объект. Для расчета негативного воздействия на природные водные объекты в части сброса загрязняющих веществ предлагаем использовать индикатор сброса. Рассчитать его можно по формуле (1):

$$I_{\text{сбр}} = \frac{C_{\text{ф}}}{C_{\text{н}}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{ф}}$ – фактическое количество сбрасываемых предприятием загрязняющих веществ в водоемы (мг/л или т/год). Эти данные приводятся в протоколах лаборатории предприятия по каждому загрязняющему веществу (нормируемому веществу), отбираемому в соответствии с программой экологического мониторинга предприятия. Чаще всего, такой отбор производится по каждому «официальному» источнику сброса, функционирующему в соответствии с «Разрешением» на сбросы веществ (за исключением радиоактивных веществ) и микроорганизмов водные объекты; $C_{\text{н}}$ – нормативное количество сбросов предприятия загрязняющих веществ в водоемы. Это значение норматива допустимого сброса (НДС) (мг/л или т/год). Оно определяется для каждого нормируемого вещества, по каждому источнику сброса отдельно, в соответствии с Методикой разработки НДС веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей.

При $C_{\text{ф}} = C_{\text{н}}$ величина $I_{\text{сбр}} = 1$, это допустимый предел значения индикатора.

Такой подход можно использовать, если нет необходимости в учете химического состава сбрасываемых сточных вод. Если необходимо учитывать химический состав, тогда применяем формулы (2) и (3):

$$I_{\text{сбр } i} = \frac{C_{\text{ф}i}}{C_{\text{н}i}}, \quad (2)$$

где i – элемент химического состава сточных вод.

$$I_{\text{сбр}} = \sum \frac{C_{\text{ф}i}}{C_{\text{н}i}}. \quad (3)$$

Метод оценки экологической устойчивости развития предприятия на основании использования индикатора сброса дает возможность определить его место в развитии, а, следовательно, и предотвращении водного дефицита в пределах водосборной территории, в которой оно расположено.

При оценке количественного дефицита водных ресурсов опирались на водохозяйственный баланс предприятий, находящихся в пределах водосбора:

$$W - R = \Delta W \text{ или } W - (R_1 + R_2) = \Delta W \quad (4)$$

где W – суммарная приходная часть баланса, R – суммарная расходная часть баланса, включающая объем водных ресурсов, потребляемых расчетным предприятием R_1 и объем водных ресурсов, потребляемых остальными предприятиями в пределах водосбора R_2 ; ΔW – результирующая баланса.

Исходными материалами для расчета приходной составляющей баланса послужили данные многолетних наблюдений на водомерных постах Уральского УГМС Росгидромета. Расчеты выполнялись в соответствии с СП 33-101-2003. В качестве расчетной характеристики выбран минимальный модуль годового стока 95% обеспеченности. Средняя погрешность определения характеристик стока не превышает 10%, что соответствует требованиям СП 33-101-2003. Исходными материалами для расчета расходной составляющей водохозяйственного баланса послужили данные по форме федерального статистического наблюдения 2-ТП (Водхоз): «Сведения об использовании воды» за период 2016-2020 годов.

Индикатор водопользования был рассчитан по формуле (5):

$$I_{\text{вод}} = \frac{R_1}{W - R_2}. \quad (5)$$

При $I_{\text{вод}} = 1$ наблюдается кризисное состояние, характеризующее водный дефицит, обусловленный изучаемым предприятием.

Для эффективного управления состоянием всей системы необходимы не только отдельные показатели, но и оценки взаимных связей между ними. Роль таких оценок выполняют интегральные показатели. Расчет интегрального индекса состояния водных ресурсов проводился по формуле среднегеометрической величины из индикаторов количества и качества водных ресурсов (6):

$$I = \sqrt{I_{\text{сбр}} I_{\text{сбр}}}. \quad (6)$$

Представленные индикаторы и индексы могут служить показателем оценки для исходного этапа планирования дальнейшего развития предприятия, как более эффективного в плане экологической политики, в том числе и расчета вложения средств на модернизацию производства, переоборудования и внедрения технологических решений, соответствующих наилучшим доступным технологиям. Тем самым предприятие может следовать реализации общемировой тенденции перехода к устойчивому развитию.

Предложенные нами индикаторы (показатели) объема сброса загрязненных сточных вод предприятием в поверхностные водоемы $I_{\text{сбр}}$ и индикатор водопользования ($I_{\text{вод}}$), позволяют сделать вывод о вкладе изучаемого предприятия в формирование (или не формирование) водного дефицита территории и рассмотрены подробно в [3, 4].

В случае, когда нет возможности учета химического состава сбрасываемых сточных вод конкретным предприятием, предлагаем использовать индикатор загрязнения ($I_{\text{загр}}$) (7):

$$I_{\text{загр}} = \frac{C_{i \text{ факт}}}{C_{i \text{ фон}}}, \quad (7)$$

где $C_{i \text{ факт}}$ – фактические концентрации в воде i -го ингредиента (мг/л); $C_{i \text{ фон}}$ – концентрации в воде i -го ингредиента в фоновом створе (мг/л). Эти данные приводятся, например, в протоколах гидрохимических лабораторий Центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

При $C_{\text{факт}} \leq C_{\text{фон}}$ величина $I_{\text{загр}} \leq 1$, это допустимый предел значения индикатора, свидетельствующий о том, что в изучаемом створе загрязнения нет, накопления загрязняющих веществ не происходит.

Соответственно, при $I_{\text{загр}} > 1$ наблюдается поступление (или накопление) загрязняющих веществ в пределах изучаемого участка, если $C_{i \text{ факт}}$ будет больше не только $C_{i \text{ фон}}$, но и ПДК_г, то можно говорить о загрязнении водного объекта.

На основе предложенной методики проведен анализ возможного поступления (или накопления) загрязняющих веществ в пределах Березниковско-Соликамского промышленного района Пермского края.

Березниковско-Соликамский промышленный район (БСПР) расположен в верхнем бьефе Камского водохранилища, состояние вод которого зависит не только от количества забираемой предприятиями воды из поверхностных водных объектов, но и от их качества. На химический состав речных вод влияют поступающие в них сточные воды предприятий разных отраслей промышленности и других сфер, а также субъектов иных видов деятельности, расположенных в городах Березники, Соликамск, Усолье, Усольском и Соликамском районах и в основном приуроченных к ареалу Верхнекамского месторождения калийных и других солей. Конечным пунктом поступления вод всех водотоков, в том числе малых рек и искусственных каналов, является р. Кама (Камское водохранилище). Здесь происходит частичное разбавление, частичное оседание загрязняющих элементов и окислительно-восстановительные реакции, то есть процессы

самоочищения. В результате этого концентрация поступивших в реку Каму загрязняющих веществ уменьшается. О степени этого уменьшения можно судить по индикаторам загрязнения.

Данные о концентрации загрязняющих веществ (мг/дм^3) предоставлены Пермским Центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиалом ФГБУ «Уральское УГМС», который проводит систематические (1 раз в месяц) наблюдения за уровнем загрязнения реки Кама и Камского водохранилища в створах государственной сети наблюдений по программе утвержденной головным НИУ Росгидромета Гидрохимическим институтом (в районе деревни Усть-Пожва наблюдения проводятся 7 раз, в основные гидрологические фазы) по следующим показателям: взвешенные вещества, рН, растворенный кислород, углекислый газ, цветность, прозрачность, жесткость, кальций, магний, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, минерализация, ионы аммония, нитраты, нитриты, железо общее, фосфаты, фосфор (общ.), кремний, медь, цинк, никель, хром, марганец, органические вещества /по ХПК, БПК/, нефтепродукты, фенолы, СПАВа/а, фториды, сероводород.

Нами в качестве расчетных взяты среднегодовые и минимальные концентрации загрязняющих веществ (мг/дм^3) за период 2016-2020 годов и январь-октябрь 2021 года. В качестве анализируемых элементов выбраны следующие: гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, калий, кальций, магний, натрий, нитрат- и нитрит-анионы, аммоний-ион, взвешенные вещества, БПК, ХПК. Их выбор обусловлен тем, что они содержатся в сбросах сточных вод практически всех предприятий региона и включены в программы их экологического мониторинга.

Для расчета использованы створы государственной сети наблюдений, расположение которых приведено на рисунке 1.



Рис. 1. Схема расположения створов государственной сети наблюдений ПЦГМС
 [Fig. 1. Scheme of the location of the alignments of the state observation network of the PCGMS]

Расчет показал, что практически по всем элементам, ХПК и БПК₅, $I_{\text{загр}} \geq 1$, что говорит о накоплении загрязняющих веществ в пределах участков Соликамск-Березники, Березники-Усть-Пожва. Исключение составил нитритный азот, по которому ни разу не было зафиксировано

превышение индикатора. Максимальное значение индикатора достигало 2,5 по взвешенным веществам (Березники-Усть-Пожва, 2017 год).

Для уточнения степени загрязнения реки Кама (Камского водохранилища) выполнено сравнение концентраций загрязняющих веществ

с их предельно-допустимой концентрацией. Если $C_{i \text{ факт}}$ будет больше не только $C_{i \text{ фон}}$, но и ПДК_{*i*}, то можно говорить о загрязнении водного объекта. Индикатор загрязнения предлагаем определять по формуле (8):

$$I^*_{\text{загр}} = \frac{C_{i \text{ факт}}}{\text{ПДК}_i}, \quad (8)$$

где $I^*_{\text{загр}}$ – индикатор загрязнения воды относительно ПДК, $C_{i \text{ факт}}$ – фактические концентрации в воде *i*-го ингредиента (мг/дм³), ПДК_{*i*} – предельно-допустимая концентрация *i*-го ингредиента (мг/дм³).

На рисунке 2 приведен пример результатов расчета: изменение по длине среднего, максимального и минимального значений, показана линия тренда.

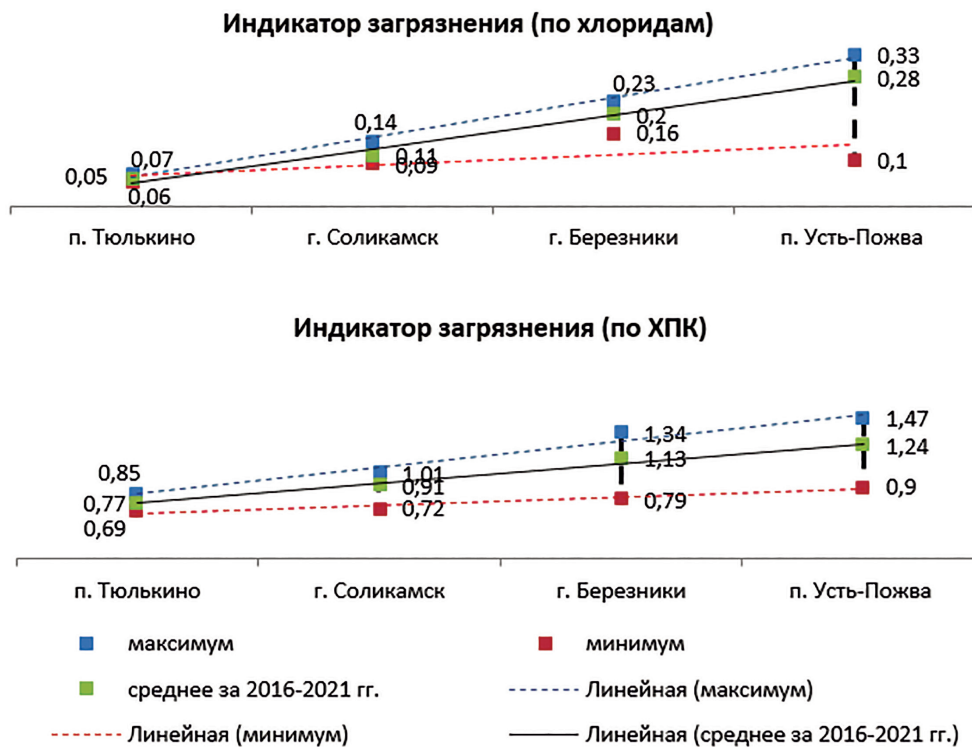


Рис. 2. Изменение по длине среднего, максимального и минимального значений индикатора $I^*_{\text{загр}} = \frac{C_{i \text{ факт}}}{\text{ПДК}_i}$

[Fig. 2. Change in the length of the average, maximum and minimum values of the indicator $I^*_{\text{загр}} = \frac{C_{i \text{ факт}}}{\text{ПДК}_i}$]

Расчеты индикатора загрязнения и анализ полученных результатов позволяет сделать несколько выводов: 1) значения индикатора загрязнения воды относительно фона меняются в пределах от 0,0 до 2,5 по длине участка и свидетельствуют об увеличивающейся техногенной нагрузке и концентрации загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами предприятий Березниковско-Соликамского промузла; 2) существует некоторая тенденция к увеличению средних значений индикатора, рассчитанных с учетом ПДК, по длине водохранилища, но они не выходят за пределы 1. За период 2016-2021 годов по всем веществам и показателям химического состава, за исключением ХПК, превышения предельно-допустимых концентраций не наблюдалось: значения индикаторов $I^*_{\text{загр}}$ не превышали 1; 3) наибольшее значение $I^*_{\text{загр}}$ отмечено для ХПК и составляет 1,47 в п. Усть-Пожва.

Причина этого не установлена, но, возможно, она связана с присутствием в воде элементов, которые не входят в число анализируемых в данной работе.

Таким образом, хотя в пределах участков Соликамск-Березники и Березники-Усть-Пожва отмечается некоторое увеличение концентраций загрязняющих веществ, но оно не является критическим: $I^*_{\text{загр}}$ по всем компонентам меньше единицы. Можно констатировать, исходя из среднегодовых концентраций анализируемых элементов, что самоочищающая способность водохранилища достаточна для разбавления поступающих сточных вод предприятий Березниковско-Соликамского промузла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве индикаторов, характеризующих качество воды нами предложены: *индикатор загрязнения воды $I^*_{\text{загр}}$* , характеризующий изменение

концентраций анализируемых элементов относительно фона и равный отношению фактического количества в воде i -го ингредиента ($C_{i\text{факт}}$) к концентрации i -го ингредиента в фоновом створе ($C_{i\text{фон}}$). При их равенстве (величина $I_{\text{загр}} = 1$), это допустимый предел значения индикатора; *индикатор загрязнения воды* $I_{\text{загр}}^*$, характеризующий изменение концентраций анализируемых элементов относительно ПДК и равный отношению фактического количества в воде i -го ингредиента ($C_{i\text{факт}}$) к его ПДК ($C_{i\text{ПДК}}$). При величине индикатора $I_{\text{загр}}^* \leq 1$, содержание анализируемого элемента не превышает допустимой нормы.

Расчет показал, что несмотря на то, что значения индикатора загрязнения воды относительно фона больше 1 и свидетельствуют об увеличении концентраций загрязняющих элементов по длине участка, величины индикатора $I_{\text{загр}}^*$ не превышают 1, кроме значения ХПК в створах Березники и Усть-Пожва по средним и максимальным значениям $I_{\text{загр}}^*$ за период наблюдений с 2016 по 2021 годов. Следовательно, можно сделать вывод о достаточности самоочищающей способности водохранилища для разбавления поступающих сточных вод предприятий Березниковско-Соликамского промузла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусова А. П., Семашко Л. Ю. Экологические аспекты устойчивого развития и индикаторы, его характеризующие // *Проблемы окружающей среды и природных ресурсов*, 2004, № 1, с. 2-20.
2. Ускова Т. В. *Управление устойчивым развитием региона*. Вологда: ИСЭРТ РАН, 2009. 335 с.

3. Бобылев С. Н. *Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение: пособие по региональной экологической политике*. Москва: Акрополь, ЦЭПР, 2007. 60 с.

4. Двинских С. А., Ларченко О. В., Оськина М. А. Обоснование выбора системы экологических индикаторов, отражающих водохозяйственные аспекты промышленного предприятия в свете устойчивого развития // *Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Технологии переработки отходов с получением новой продукции»*, 2021, с. 187-191.

5. Павликова О. В., Ферару Г. С. Методология определения экологических возможностей устойчивого развития региона // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика*, № 1 (20), 2012, с. 42-50.

6. Индикаторы устойчивого развития. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 27.02.2023). – Текст: электронный.

7. Международное десятилетие действий «Вода для устойчивого развития», 2018–2028 годы. – URL: <https://www.un.org/ru/events/waterdecade> (дата обращения: 27.02.2023). – Текст: электронный.

8. CAWATERinfo. – URL: <http://www.cawater-info.net/> (дата обращения: 27.02.2023). – Текст: электронный.

9. Expanding the Measure of Wealth: Indicators of Environmentally Sustainable Development // *Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs*, 1997, vol. 17.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 15.06.2023

Принята к публикации: 28.11.2023

Surface Water Pollution Indicators and Their Use for Water Resources Quality Assessment in the Perm Region

S.A. Dvinskikh , O.V. Larchenko, M.A. Oskina

Perm State National Research University,
Russian Federation
(15, Bukirev str., Perm, 614068)

Abstract. The purpose is to identify indicators of surface water pollution to assess the quality of water resources in the Perm region.

Materials and methods. The research materials included draft standards for permissible discharge of substances and microorganisms into water bodies (VAT) provided by the enterprise, data on average annual and minimum concentrations of pollutants in the water of the Kama River and the Kama Reservoir (2016-2021), provided by the Perm Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring – branch of the Federal State Budgetary Institution "Ural UGMS", information on water intake from surface sources according to the statistical reporting form 2-TP Vodkhoz "Information on water use" (2017-2020), provided by the Kama Basin Water Administration (BVU).

Results and discussion. As indicators characterizing water quality, the water pollution indicator (I_{load}), which characterizes the change in the concentrations of the analyzed elements relative to the background, and the water pollution indicator, which characterizes the change in the concentrations of the analyzed elements relative to the maximum permissible concentration, are proposed. Indicators of the volume of discharge of contaminated wastewater by an enterprise into surface water bodies (I_{sbr}) and pollution (I_{load}^*) of surface waters are proposed. Comparison of the pollution indicator with the maximum permissible concentration allows one to assess the self-cleaning ability of a water body.

Conclusion. The calculation showed that despite the fact that the values of the indicator of water pollution relative to the background are greater than 1 and indicate an increase in the concentrations of pollutants along the length of the section, the values of the indicator I_{load}^* do not exceed 1, except for the COD value in the Berezniki and Ust-Pozhva sections along average and maximum values of I_{load}^* for the observation period (2016-2021). The conclusion is made about the sufficiency of the self-cleaning capacity of the reservoir for diluting the incoming wastewater from the enterprises of the Bereznikovsk-Solikamsk industrial hub.


Key words: indicator, pollution, sustainable development, chemical elements, self-cleaning capacity, reservoir, MPC, wastewaters, enterprise, water user.

For citation: Dvinskikh S.A., Larchenko O.V., Oskina M.A. Surface Water Pollution Indicators and Their Use for Water Resources Quality Assessment in the Perm Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografya. Geoekologiya*, 2023, no. 4, pp. 115-122 (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/4/115-122>

REFERENCES

1. Belousova A.P., Semashko L.Yu. *Ekologicheskie aspekty ustoychivogo razvitiya i indikatory, ego kharakterizuyushchie* [Environmental aspects of sustainable development and indicators that characterize it]. *Problemy okruzhayushchey sredy i prirodnykh resursov*, 2004, no. 1, pp. 2-20. (In Russ.)
2. Uskova T.V. *Upravlenie ustoychivym razvitiem regiona* [Managing the sustainable development of the region]. Vologda: ISERT RAN, 2009. 335 p. (In Russ.)
3. Bobylev S.N. *Indikatory ustoychivogo razvitiya: regional'noe izmerenie: posobie po regional'noy ekologicheskoy politike* [Indicators of sustainable development: regional dimension: handbook on regional environmental policy]. Moscow: Akropol', TsEPR, 2007. 60 p. (In Russ.)
4. Dvinskikh S.A., Larchenko O.V., Oskina M.A. *Obosnovanie vybora sistemy ekologicheskikh indikatorov, otrazhayushchikh vodokhozyaystvennye aspekty promyshlennogo predpriyatiya v svete ustoychivogo razvitiya* [Justification of the choice of a system of environmental indicators reflecting the economic aspects of industrial enterprise in the context of sustainable development].

© Dvinskikh S.A., Larchenko O.V., Oskina M.A., 2023

 Svetlana A. Dvinskikh, e-mail: dvins@mail.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

tors reflecting the water management aspects of an industrial enterprise in the light of sustainable development]. *Materialy III Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Tekhnologii pererabotki otkhodov s polucheniem novoy produktsii»*, 2021, pp. 187-191. (In Russ.)

5. Pavlikova O.V., Feraru G.S. Metodologiya opredeleniya ekologicheskikh vozmozhnostey ustoychivogo razvitiya regiona [Methodology for determining environmental opportunities for sustainable development of the region]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Informatika*, no. 1 (20), 2012, pp. 42-50. (In Russ.)

6. Indicators of sustainable development. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (accessed 27.02.2023). – Text: electronic. (In Russ.)

7. International Decade of Action "Water for Sustainable Development", 2018-2028. – URL: <https://www.un.org/ru/events/waterdecade> (accessed 27.02.2023). – Text: electronic. (In Russ.)

8. CAWATERinfo. – URL: <http://www.cawater-info.net/> (accessed 27.02.2023). – Text: electronic. (In Russ.)

9. Expanding the Measure of Wealth: Indicators of Environmentally Sustainable Development. *Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs*, 1997, vol. 17.

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 15.06.2023

Accepted: 28.11.2023

Двинских Светлана Александровна
доктор географических наук, профессор Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-8443-8100, e-mail: dvins@mail.ru

Ларченко Ольга Викторовна
кандидат географических наук, доцент Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-1476-2447, e-mail: larhcenko@yandex.ru

Оськина Мария Александровна
аспирант Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-7577-5762, e-mail: sky_mari@mail.ru

Svetlana A. Dvinskikh
Dr. Sci. (Geogr.), Professor, Perm State National Research University, Perm, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-8443-8100, e-mail: dvins@mail.ru

Olga V. Larchenko
Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Perm State National Research University, Perm, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-1476-2447, e-mail: larhcenko@yandex.ru

Maria A. Oskina
Postgraduate student, Perm State National Research University, Perm, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-7577-5762, e-mail: sky_mari@mail.ru