

**Разработка системы экологических индикаторов,
отражающих водохозяйственные аспекты предприятия
в свете устойчивого развития**

© 2023. С. А. Двинских, д. г. н., профессор,
О. В. Ларченко, к. г. н., доцент, М. А. Оскина, аспирант,
Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, д. 15,
e-mail: dvins@mail.ru, larhcenko@yandex.ru, sky_mari@mail.ru

Производственная деятельность предприятий в современных условиях оказывает значительное негативное воздействие на состояние окружающей среды, в том числе на водные ресурсы. В последние десятилетия всё чаще дефицит пресной воды повсеместно усиливается и возникает в регионах, где его раньше не было. Причина – расширение водопотребления как населением, так и растущей экономикой. Существует две причины возникновения дефицита воды: уменьшение количества водных ресурсов из-за потребления воды промышленностью, сельским хозяйством и людьми; косвенные потери воды в результате вырубки лесов, осушения водоёмов и болот, а также загрязнение воды, причём оно по результату равнозначно потере запасов пресной воды; загрязнение воды может существенно превосходить объём воды, непосредственно используемой в производстве и быту. Нами предложена методика оценки водного дефицита, основанная на расчёте интегрального индекса водных ресурсов. Он позволяет сделать вывод о вкладе изучаемого предприятия в формирование (или не формирование) водного дефицита территории. Индекс представляет среднегеометрическую величину из двух индикаторов. Индикатор сбросов сточных вод характеризует качество водных ресурсов, а индикатор водопользования – их количество. Предельные значения индикаторов и интегрального индекса равны единице, её превышение свидетельствует о возникновении водного дефицита. Предлагаемая методика использована при оценке возможного возникновения количественного и качественного дефицита водных ресурсов на территории влияния крупного добывающего предприятия, расположенного на северо-востоке Пермского края. Установлено, что для исследуемого региона характерно отсутствие водного дефицита по количеству водных ресурсов даже в экстремально маловодные годы. Удельная водообеспеченность на одного жителя характеризуется как «средняя». Её значение не уменьшится и при планируемом увеличении водозабора на нужды предприятия на период до 2030 г. Однако существует дефицит по качеству водных объектов. Выявлены выпуски сточных вод, для которых характерно превышение индикатора сброса по всем элементам и показателям в течение рассматриваемого периода. Это требует принятия мер по снижению концентраций загрязняющих веществ в сбрасываемых водах. Предлагаемый интегральный показатель может использоваться при планировании деятельности предприятия в свете устойчивого развития.

Ключевые слова: устойчивое развитие, предприятие, водные ресурсы, индикатор, интегральный индекс, водохозяйственный баланс, водообеспеченность, сточные воды, дефицит, качество воды.

**Developing a system of environmental indicators reflecting
the water management aspects of an enterprise in the light
of sustainable development**

© 2023. S. A. Dvinskikh ORCID: 0000-0002-8443-8100
O. V. Larchenko ORCID: 0000-0003-1476-2447
M. A. Oskina ORCID: 0000-0002-7577-5762
Perm State National Research University,
15, Bukireva St., Perm, Russia, 614990,
e-mail: dvins@mail.ru, larhcenko@yandex.ru, sky_mari@mail.ru

The negative consequences of the enterprise production activities in the current conditions have a significant destructive effect on the state of the environment, including water resources. In recent decades, the shortage of fresh water is increasing everywhere and occurs in regions where it has not existed before. The reason is the expansion of water consumption by both the population and the growing economy. There are two reasons for water scarcity. First, the decrease in the amount of water resources due to the consumption of water by industry, agriculture and people; indirect water

losses as a result of deforestation, drainage of reservoirs and swamps. Secondly, water pollution, which is equivalent to the loss of fresh water reserves; in terms of volume, water pollution can significantly exceed the volume of water directly used in production and everyday life. We have proposed a method for assessing the water deficit based on the calculation of the integral index of water resources. It allows us to draw a conclusion about the contribution of the enterprise under study to the formation (or the absence of formation) of the water deficit of the territory. The index is the geometric mean of the two indicators. The wastewater discharge indicator characterizes the quality of water resources, and the water use indicator characterizes their quantity. The limit values of the indicators and the integral index are equal to one, its excess indicates the occurrence of water shortage. The proposed methodology was used in assessing the possible occurrence of a quantitative and qualitative shortage of water resources in the territory of influence of a large mining enterprise located in the northeast of the Perm Krai. It has been established that the region under study is characterized by the absence of a water deficit in terms of the number of water resources even in extremely dry years. Specific water supply per 1 inhabitant is characterized as "average". Its value will not decrease even with the planned increase in water intake for the needs of the enterprise for the period up to 2030. However, there is a shortage in the quality of water bodies. We've identified the wastewater outlets, which are characterized by an excess of the discharge indicator for all elements during the period under review. This requires taking measures to reduce the concentrations of pollutants in the discharged waters. The proposed integral indicator can be used when planning the activities of an enterprise in the light of sustainable development.

Keywords: sustainable development, enterprise, water resources, indicator, integral index, water management balance, water supply, wastewater, scarcity, water quality.

В настоящее время активно разрабатываются критерии и индикаторы устойчивого развития. Объясняется это тем, что, по мнению руководителей компаний – участников Глобального договора ООН, ключевым фактором успешного бизнеса на сегодняшний день является концепция устойчивого развития (УР), которая нередко именуется «всемирной моделью будущего цивилизации» [1, 2]. Этому вопросу посвящено большое количество работ. Наиболее известными являются индекс экологической устойчивости (Environmental Sustainability Index), разработанный учёными Колумбийского и Йельского университетов [3]; агрегированный индекс «живой планеты» (ИЖП) (Living Planet Index) [4]; показатель «экологический след» (ЭС) (the Ecological Footprint) [5]; система интегрированных экологических и экономических национальных счетов (a System for Integrated Environmental and Economic Accounting), предложенная Статистическим отделом ООН [6].

В России также существует ряд проектов, посвящённых индикаторам устойчивого развития. Это проекты Всемирного Банка и Минэкономразвития Российской Федерации (РФ) «Учёт экологического фактора в системе индикаторов социально-экономического развития» (2001); доклад «Национальная оценка прогресса при переходе Российской Федерации к устойчивому развитию» (2002) и др. Очень интересный опыт по разработке индикаторов устойчивого развития в 2002–2007 гг. накоплен в Томской, Воронежской, Кемеровской и Самарской областях, г. Москве, Чувашской Республике [2, 7, 8].

Несмотря на большое количество разных систем экологических индексов и индикаторов, разработанных на глобальном уровне [9]

и в РФ [2, 10], единого определения индикатора не существует. Используемые показатели, как правило, дают характеристику блоков (индексов) УР (социальный, экономический, экологический) и их частей (индикаторов), а не низшей ступени составляющих на уровне отдельного предприятия. Нами предложен подход к оценке показателей, характеризующих влияние промышленного предприятия на водные ресурсы с позиции УР (формирования наличия или отсутствия водного дефицита) [11].

Согласно [12], «индикатор устойчивого развития – это показатель, позволяющий судить о состоянии или изменении экономических, социальных или экологических переменных». В данном исследовании под индикатором понимаем показатель, позволяющий судить о состоянии или изменении характеристик экологической составляющей (количество и качество водных ресурсов) УР предприятия [13, 14].

В 2016 г. Генеральная Ассамблея ООН провозгласила период 2018–2028 гг. Международным десятилетием действий «Вода для устойчивого развития». Это объясняется постоянно усиливающимся дефицитом пресной воды. Можно выделить две причины его возникновения. Во-первых, это уменьшение количества водных ресурсов из-за растущего потребления воды и косвенных потерь в результате вырубки лесов и осушения болот. Во-вторых, это загрязнение воды, которое по объёмам может существенно превосходить объём воды, используемой в производстве и быту. Это более опасный и менее контролируемый процесс, чем её прямое использование [15].

Используемые для водных ресурсов индикаторы должны отвечать ряду требований, среди которых: релевантность, то есть соот-

ветствие задачам, которые призван решать определённый показатель; доступность для восприятия; обоснованность и лёгкость интерпретации; пространственно-временная изменчивость; достоверность (индикаторы должны быть основаны на реальных фактах) [14].

Для эффективного управления состоянием всей системы необходимы не только отдельные показатели, но и оценки взаимных связей между ними. Роль таких оценок выполняют интегральные показатели, содержащие обобщающие характеристики состояния всей системы – индексы. Основной целью введения индексов является оценка ситуации или события для прогноза и разработки решений существующих проблем [13]. Из этого следует, что индексы можно использовать для характеристики водопотребления в пределах любой изучаемой территории (в том числе и территории деятельности любого предприятия), с их помощью можно давать как количественную, так и качественную оценку водных ресурсов, что является необходимой основой для прогноза.

В связи с этим цель исследований – оценка возможности возникновения дефицита водных ресурсов на территории влияния крупного добывающего предприятия с использованием разработанных индикаторов.

Объекты и методы исследования

Природной единицей с точки зрения управления водными ресурсами является речной водосбор, в пределах которого формируются водные ресурсы. При расчёте водного дефицита водосбора (территории) следует учитывать суммарное водопотребление всех предприятий, находящихся в его пределах, а затем судить о вкладе изучаемого предприятия в формирование (или не формирование) водного дефицита территории [11, 14]. Мы исходим из того, что, если объём стока, формирующийся в пределах изучаемого водосбора (W), полностью тратится на хозяйственные и промышленные нужды (R), то имеется напряжённая ситуация, близкая к вододефициту:

$$W = R_1 + R_2, \quad (1)$$

где W – объём водных ресурсов, формирующихся в течение одного маловодного года в пределах изучаемого водосбора; R_1 – объём водных ресурсов, потребляемых расчётным предприятием, R_2 – объём водных ресурсов, потребляемых остальными предприятиями

в пределах водосбора. Естественно, если большая часть водных ресурсов потребляется изучаемым предприятием (R_1), то последнее является причиной водного дефицита. О его вкладе в формирование (или не формирование) водного дефицита позволяет судить индикатор водопользования ($I_{\text{вод}}$):

$$I_{\text{вод}} = \frac{R_1}{W - R_2}. \quad (2)$$

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

Состояние водных ресурсов зависит не только от количества забираемой предприятием воды, но и от сбросов сточных вод. Поэтому представляется более наглядным использовать в качестве индикатора показатель «объём сброса загрязнённых сточных вод в поверхностные водоёмы» – $I_{\text{сбр}}$ (м^3):

$$I_{\text{сбр}} = \frac{C_{\text{фсбр}}}{C_{\text{нсбр}}}, \quad (3)$$

где $C_{\text{фсбр}}$ – фактический объём сбрасываемых предприятием сточных вод, м^3 ; $C_{\text{нсбр}}$ – нормативное количество объёмов сбросов сточных вод, м^3 .

Если же нужно учитывать не только объём сбрасываемых сточных вод, но и содержание в них загрязняющих веществ, то предлагаем использовать в качестве индикатора показатель «сброса загрязнённых сточных вод в поверхностные водоёмы» – $I_{\text{сбri}}$:

$$I_{\text{сбri}} = \frac{C_{\text{фи}}}{C_{\text{ни}}} \quad \text{или} \quad I_{\text{сбri}} = \sum \frac{C_{\text{фи}}}{C_{\text{ни}}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{фи}}$ – фактическое количество сбрасываемых предприятием i -загрязняющих веществ, мг/л или т/год . Эти данные приводятся по каждому загрязняющему (нормируемому) веществу в соответствии с программой экологического мониторинга предприятия; $C_{\text{ни}}$ – нормативное количество сбросов загрязняющих веществ предприятием в водные объекты (согласно НДС), мг/л или т/год . Оно определяется 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.

Комплексная характеристика состояния водных ресурсов может быть дана на основе интегрального индекса I как среднегеометрической величины из индикаторов количества и качества водных ресурсов:

$$I = \sqrt{I_{\text{сбр}} \cdot I_{\text{вод}}}. \quad (5)$$

На основе предложенной методики проведён анализ возможного возникновения количественного и качественного дефицита водных ресурсов на территории влияния крупного добывающего предприятия (далее – предприятия), расположенного на северо-востоке Пермского края.

Результаты и обсуждение

Как отмечалось выше, водный дефицит можно охарактеризовать двумя группами показателей: количественными и качественными. Количественные показатели включают в себя: объём речного стока (природная составляющая) и объёмы забора и сброса использованной воды (техногенная составляющая), качественные – объём поступления загрязнённых сточных вод и загрязнение водных объектов.

При оценке количественного дефицита водных ресурсов нужно исходить из наилучших условий формирования поверхностного стока и опираться на водохозяйственный баланс предприятий, находящихся в пределах водосбора:

$$W - R = \Delta W \text{ или } W - (R_1 + R_2) = \Delta W, \quad (6)$$

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

Исходными материалами для расчёта приходной составляющей баланса послужили данные многолетних наблюдений на

водомерных постах Уральского УГМС Росгидромета. Расчёты выполняли в соответствии с СП 33-101-2003. В качестве расчётной 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 расчёта расходной составляющей водохозяйственного баланса послужили данные по форме федерального статистического наблюдения 2-ТП (Водхоз): «Сведения об использовании воды» за период 2016–2020 гг.

Как отмечено выше, о вкладе изучаемого предприятия в формирование (или не формирование) водного дефицита территории позволяет судить индикатор водопользования $I_{\text{вод}}$. Чем его величина меньше, тем вероятность водного дефицита меньше. Критическое значение индикатора равно единице. В этом случае будет наблюдаться водный дефицит, обусловленный изучаемым предприятием. Результаты расчёта $I_{\text{вод}}$ приведены в таблице 1. Расчёты показали, что индикатор водопользования даже для условий маловодного года намного меньше единицы, что свидетельствует о том, что деятельность предприятия не способствует возникновению водного дефицита.

Для анализа изменчивости характеристик стока построены хронологические графики средних годовых расходов воды по постам, проведены линии трендов расчётных характеристик. Их анализ показал, что для горной полосы изучаемой территории следует ожидать увеличения средних годовых расходов на 1–2% каждые 10 лет, для равнинной части – на 3–4% за каждые 10 лет. Следовательно, можно ожидать, что объёмы водных ресур-

Таблица 1 / Table 1

Результаты расчёта индикатора водопользования $I_{\text{вод}}$
Results of calculating the water use indicator

Год Year	Объём водных ресурсов, тыс. м ³ Volume of water resources, thousand cubic meters			Индикатор водопользования Water use indicator $I_{\text{вод}} = \frac{R_1}{W - R_2}$
	формирующихся в течение маловодного года 95% обесп. formed during a dry year 95% of supply W	потребляемых предприятием consumed by the settlement Enterprise R_1	потребляемых остальными предприятиями consumed by the rest of the enterprises R_2	
2016	2424474,3	6948,89	125289,79	0,003
2017		6758,14	114876,2	0,003
2018		18348,88	110016,3	0,008
2019		16341,18	108935,4	0,007
2020		17889,52	115419,6	0,007

сов (средний годовой, минимальный зимний и летне-осенний меженные), формирующиеся в пределах изучаемой территории, каждые 10 лет будут расти. Таким образом, даже при условии сохранения объёма забора воды, равному забираемому в настоящее время предприятием для своих нужд, дефицита водных ресурсов не будет (при условии, что остальные потребители резко не увеличат объём водозабора). Это подтверждается обеспеченностью населения водными ресурсами.

Оставшийся объём воды после забора водных ресурсов на нужды предприятий используется населением. Удовлетворяет ли он нормативам водопотребления? Для ответа на этот вопрос определена удельная водообеспеченность (табл. 2).

По данным ООН критический уровень удельной водообеспеченности составляет 1,7 тыс. м³/год на человека при средне-многолетнем показателе 7,4 тыс. м³/год на 1 человека. Для сравнения: удельная водообеспеченность за счёт стока местного формирования для Пермского края на конец 2010-х гг. составляла 18,9 тыс. м³/год на 1 человека; для Приволжского федерального округа эта величина значительно меньше – 5,5–11,0 тыс. м³/год на 1 человека.

Расчёты показали, что даже в период экстремальной маловодности изучаемая территория по величине удельной водообеспеченности относится к категории «средняя». Регион расположения предприятия обеспечен водой в достаточном количестве. Если учесть прогноз уменьшения численности населения изучаемой территории почти на 7% к 2025 г., то можно говорить о тенденции к увеличению величины удельной водообеспеченности.

Второй характеристикой водного дефицита является индикатор сброса загрязнённых сточных вод, характеризующий качество воды – $I_{сбр}$ (уравнения 3, 4). Расчёт индикатора $I_{сбр}$ производился по фактическому количеству сбрасываемых предприятием загрязняющих веществ: SO_4^{2-} , Cl^- , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , взвешенные вещества, нефтепродукты, сухой остаток, БПК₅, ХПК, СПАВ. Для расчёта использованы данные концентраций (т/год и мг/дм³) в контрольных створах, расположенных на расстоянии 500 м ниже по течению от места сброса сточных вод по каждому из шести выпусков предприятия за период с 2016 по 2020 гг. Пятилетний период обусловлен требованием Приказа Министерства природных ресурсов России от 17 декабря 2007 года № 333 «Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей», который гласит, что для расчёта нормативов допустимых сбросов необходим ряд наблюдений не менее 5 лет безаварийной работы предприятия. Пример расчёта по одному из выпусков сточных вод приведён в таблице 3.

Расчёты показали, что по некоторым выпускам наблюдается значительное превышение индикатора сброса практически по всем контролируемым элементам. Их максимальные значения изменялись с 2016 по 2020 гг. с 102,0 до 600,0. Средние показатели индикатора сброса за этот же период варьировали в пределах от 4,71 до 12,90 (табл. 4). Таким образом, выявлены выпуски с наиболее высокой экологической нагрузкой, которые требуют принятия мер к снижению концентраций загрязняющих веществ и качеству сбрасываемых вод. К компонентам химического состава, концентрации которых в водных объектах

Таблица 2 / Table 2

Расчёт удельной водообеспеченности для условий маловодного года 95% обеспеченности
Calculation of specific water availability for dry year conditions (95% probability of exceeding)

Год Year	Количество жителей, потребляющих воду из рек изучаемого водосбора, чел. The number of inhabitants consuming water from the rivers of the studied catchment area, people	Объём воды, который может быть потрачен на нужды населения, тыс. м ³ The volume of water which can be spent on the needs of the population, thousand cubic meters	Удельная водообеспеченность, тыс. м ³ /год на 1 чел. Specific water supply, thousand cubic meters/year per person
2016	271411	2449001,6	9,02
2017	270296	2452049,9	9,07
2018	265974	2438859,2	9,17
2019	264618	2448417,7	9,25
2020	261675	2436095,1	9,31

Таблица 3 / Table 3

Расчёт индикатора сброса $I_{сбр}$ выпуска вод в р. Лёнва за 2020 г.
Calculation of the discharge indicator of release in the Lenva for 2020

Наименование вещества Name of substance	Нормативное количество сбрасываемых загрязняющих веществ Standard amount of discharged pollutants		Фактическое количество сбрасываемых загрязняющих веществ Actual amount of discharged pollutants		Индикатор сброса Discharge indicator	
	мг/дм ³ mg/dm ³	т/год tons/year	мг/дм ³ mg/dm ³	т/год tons/year	мг/дм ³ mg/dm ³	т/год tons/year
Нефтепродукты Petroleum products	0,032	0,014	0,034	0,002	1,06	0,14
SO ₄ ²⁻	100,0	44,28	71,0	6,30	0,71	0,14
Cl ⁻	300,0	132,82	490,0	32,86	1,63	0,25
K ⁺	50,0	22,14	140,0	2,17	2,80	0,10
Ca ²⁺	180,0	79,70	101,0	10,84	0,56	0,14
Mg ²⁺	40,0	17,71	26,0	1,81	0,65	0,10
Na ⁺	120,0	53,13	189,0	13,25	1,58	0,25

Примечание: жирным шрифтом выделено превышение критического значения.
Note: the excess of the critical value is highlighted in bold.

Таблица 4 / Table 4

Значения максимального и среднего индикатора сброса по годам
Values of the maximum and average discharge indicator by years

Год Year	Значение $I_{сбр}$ Indicator value	Выпуск сточных вод / Waste water outlet					
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
2016	среднее / average	1,24	0,90	7,64	21,40	0,70	0,71
	макс / maximum	6,95	1,93	22,94	125,87	1,29	1,27
2017	среднее / average	1,21	0,89	1,54	19,15	0,62	0,80
	макс / maximum	3,50	3,62	3,81	102,03	1,20	2,00
2018	среднее / average	2,02	1,57	2,30	82,42	0,67	0,80
	макс / maximum	6,07	3,64	6,72	436,36	1,60	2,03
2019	среднее / average	2,37	10,30	1,12	38,06	0,89	0,72
	макс / maximum	12,67	81,58	2,90	208,33	3,97	2,15
2020	среднее / average	0,66	1,84	1,15	74,90	0,57	0,86
	макс / maximum	3,77	5,60	2,80	600,00	2,05	2,43
2016–2020	среднее / average	1,38	2,74	1,8	25,45	0,80	0,65
	макс / maximum	12,67	81,58	22,94	600,00	13,05	3,56

региона расположения предприятия требуют пристального внимания, можно отнести взвешенные вещества, сухой остаток, ионы калия, натрия, хлорид-ионы, нефтепродукты.

Для эффективного управления состоянием всей системы необходимы не только отдельные показатели, но и оценки взаимных связей между ними. Роль таких оценок выполняют интегральные показатели. Расчёт интегрального индекса состояния водных ресурсов территории расположения предприятия проводился по формуле (5), как среднегеометри-

ческой величины из индикаторов количества и качества водных ресурсов. Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы. Дефицит водных ресурсов регион расположения предприятия испытал в 2018–2020 гг., когда величина $I_{макс}$ изменялась в пределах 1,87–2,05 соответственно. По максимальному значению индекса выделена территория, прилегающая к выпускам сточных вод в бассейн р. Лёнва, где на сегодняшний день сохраняется вододефицит по качеству поверхностных водных объектов. Прогнозируемые интеграль-

ные индексы до 2030 г. при существующих объемах производства и водопотребления, очистки сточных вод предприятия, останутся на том же уровне.

Заключение

Разработанная методика оценки водного дефицита опробована на примере одного из предприятий Пермского края. Установлено, что для региона расположения предприятия характерно отсутствие водного дефицита по количеству водных ресурсов даже в мало-водные годы (обеспеченностью 95%). Удельная водообеспеченность на 1 жителя характеризуется как «средняя». Её значение не уменьшится и при планируемом увеличении водозабора на нужды предприятия на период до 2030 г. Однако существует дефицит по качеству водных объектов. Наиболее высокую экологическую нагрузку несут выпуски сточных вод в р. Лёнва. Вещества и ионы, концентрации которых в водных объектах региона расположения предприятия требуют пристального внимания, – ионы аммония, взвешенные вещества, сухой остаток, ионы калия, натрия, хлорид-ионы, нефтепродукты. Интегральный индекс свидетельствует о наличии водного дефицита в регионе расположения предприятия, который не является постоянным, а изменяется во времени и пространстве, что не удовлетворяет требованиям устойчивого развития.

Литература

1. Белоусова А.П., Семашко Л.Ю. Экологические аспекты устойчивого развития и индикаторы, его характеризующие // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. Вып. 1. М.: ВИНТИ, 2004. С. 2–20.
2. Бобылев С.Н. Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение. Пособие по региональной экологической политике. М.: Акрополь, ЦЭПР, 2007. 60 с.
3. Expanding the measure of wealth: indicators of environmentally sustainable development. Series No. 17. Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs. Washington, D.C.: The World Bank, 1997. 110 p.
4. Indicators for the integration of environmental concerns to transport policies. Working Group on the State of the Environment. Paris: OECD, 1999. ENV/EPOC/SE(98)1/FINAL. 71 p.
5. Indicators of sustainable development: framework and methodologies. New York: United Nation Commission on Sustainable Development, 2001. Background Paper No. 3. 294 p.
6. World Development Indicators 2001. World Bank eLibrary [Internet resource] [https://elibrary.](https://elibrary.worldbank.org)

[worldbank.org](https://elibrary.worldbank.org) (Accessed: 27.04.2021). doi: 10.1596/0-8213-4898-1

7. Минкина А.В., Двинских С.А., Зуева Т.В. Подход к разработке интегрального индекса экологического благополучия территории // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 235–240.
8. Садов А.В., Наполов О.Б. Роль и значение природно-ресурсного потенциала при разработке эколого-сбалансированного развития региона // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 2. С. 21–27.
9. Integrated environmental and economic accounting an operational manual: handbook of national accounting. New York: United Nations, 2000. Series F. No. 78. 244 p.
10. Международное десятилетие действий «Вода для устойчивого развития», 2018–2028 годы [Электронный ресурс] https://www.un.org/ru/events/water_decade (Дата обращения: 27.04.2021).
11. Dvinskikh S.A., Larchenko O.V., Oskina M.A. Assessing the sustainable development of an enterprise from the water use standpoint // Modern problems of reservoirs and their catchments. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 834. Article No. 012052.
12. Тарасова Н.П., Кручина Е.Б. Индексы и индикаторы устойчивого развития // Устойчивое развитие: природа-общество-человек. Москва: Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2006. Том II. С. 127–144.
13. CAWATERinfo [Электронный ресурс] <http://www.cawater-info.net> (Дата обращения: 27.04.2021).
14. Двинских С.А., Ларченко О.В., Оськина М.А. Обоснование выбора системы экологических индикаторов, отражающих водохозяйственные аспекты промышленного предприятия в свете устойчивого развития // Технологии переработки отходов с получением новой продукции. Киров: ВятГУ, 2021. С. 187–191.
15. Данилов-Данильян В.И. Глобальная проблема дефицита пресной воды // Век глобализации. 2008. № 1. С. 45–56.

References

1. Belousova A.P., Semashko L.Yu. Environmental aspects of sustainable development and indicators that characterize it // Problems of the environment and natural resources. V. 1. Moskva: VINITI, 2004. P. 2–20 (in Russian).
2. Bobilev S.N. Sustainable development indicators: Regional dimension. A guide to regional environmental policy. Moskva: Akropol, CEMS, 2007. 60 p. (in Russian).
3. Expanding the measure of wealth: indicators of environmentally sustainable development. Series No. 17. Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs. Washington, D.C.: The World Bank, 1997. 110 p.
4. Indicators for the integration of environmental concerns to transport policies. Working Group

on the State of the Environment. Paris: OECD, 1999. ENV/EPOC/SE(98)1/FINAL. 71 p.

5. Indicators of sustainable development: framework and methodologies. New York: United Nation Commission on Sustainable Development, 2001. Background Paper No. 3. 294 p.

6. World Development Indicators 2001. World Bank eLibrary [Internet resource] <https://elibrary.worldbank.org> (Accessed: 27.04.2021). doi: 10.1596/0-8213-4898-1

7. Minkina A.V., Dvinskikh S.A., Zueva T.V. An approach to the development of an integral index of ecological well-being of the territory // Theoretical and Applied Ecology. 2022. No. 3. P. 235–240 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-235-240

8. Sadov A.V., Napolov O.B. Role and meaning of natural resources at working out ecologically balanced development of the region // Theoretical and Applied Ecology. 2011. No. 2. P. 21–27 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2011-2-021-027

9. Integrated environmental and economic accounting an operational manual: handbook of national accounting. New York: United Nations, 2000. Series F. No. 78. 244 p.

10. International Decade for Action “Water for Sustainable Development”, 2018–2028 [Internet resource]

<https://www.un.org/ru/events/waterdecade> (Accessed: 27.04.2021).

11. Dvinskikh S.A., Larchenko O.V., Oskina M.A. Assessing the sustainable development of an enterprise from the water use standpoint // Modern problems of reservoirs and their catchments. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 834. Article No. 012052. doi: 10.1088/1755-1315/834/1/012052

12. Tarasova N.P., Kruchina E.B. Indices and indicators of sustainable development // Ustoychivoe razvitie: priroda-obshchestvo-chelovek. Moskva: Izdatelskiy tsentr RKhTU im. D.I. Mendeleeva, 2006. V. II. P. 127–144 (in Russian).

13. CAWATERinfo [Internet resource] <http://www.cawater-info.net> (Accessed: 27.04.2021).

14. Dvinskikh S.A., Larchenko O.V., Oskina M.A. Justification for the choice of a system of environmental indicators that reflect the water management aspects of an industrial enterprise in the light of sustainable development // Tekhnologii pererabotki otkhodov s polucheniym novoy produktsii. Kirov: VyatSU, 2021. P. 187–191 (in Russian).

15. Danilov-Danilyan V.I. The global problem of fresh water shortage // Vek globalizatsii. 2008. No. 1. P. 45–56 (in Russian).