

## Экологическая безопасность

DOI: 10.34828/UdSU.2024.76.89.011

УДК 628.11

*Л.И. Соколов, В.А. Силинский*

### ВОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕГИОНА

**Аннотация.** Изложены проблемы и особенности безопасного функционирования при экологическом воздействии на водный комплекс регионального уровня. Предложено управление водными ресурсами по принципу всего водного бассейна, а также финансовая стратегия развития управления водным объектом региона. Представлены источники, наносящие ущерб водным объектам в регионе, проведен расчет и обоснование платежей за пользование водных ресурсов, предложен механизм водопользования соразмерный рыночным условиям. Рассматривается системно-интегрированный методологический подход к анализу водной безопасности региона для пяти ключевых элементов – критериев безопасности, на примере Вологодской области, начиная от отдельных водохозяйственных объектов, предприятий, жилых комплексов и домохозяйств. По адаптированной методике расчёта DALY установлен гигиенический показатель для возможности оценки потерь здоровья населения. Установлены индексы водной безопасности для каждого критерия, рассчитана водоёмкость валового регионального продукта. Представлен алгоритм обеспечения водной безопасности на региональном уровне.

**Ключевые слова:** управление водными ресурсами, бассейновый принцип, водная безопасность, региональный уровень, риски, угрозы и уязвимость водной безопасности, критерии водной безопасности, водоёмкость валового регионального продукта.

*Для цитирования:* Соколов Л.И., Силинский В.А. Водная безопасность региона // Управление техносферой: электрон. журнал, 2024. Т.7. Вып.2. URL: <https://technosphere-ing.ru> С. 319 –337. DOI: 10.34828/UdSU.2024.76.89.011

### Введение

Главным методологическим принципом исследования проблем водной безопасности является системно-интегрированный принцип. Водная безопасность измеряется наличием водного запаса в необходимом количестве для обеспечения бесперебойного доступа к питьевой воде надлежащего качества для жителей региона, сохранение экосистем, энергетики и

производства, наряду с допустимым уровнем связанных водных рисков для людей, окружающей среды и экономики. Актуальность обеспечения безопасной водной системой региона зависит от реформ в жилищно-коммунальной, экономической и социальной областях. Для решения проблем водной безопасности существует подход, характеризующий проблему водной опасности как отклонение от определенных норм и нормативов. Например, подача воды потребителю не соответствует требованиям СанПиН 2.1.3684-21 или сброс очищенных сточных вод не соответствует условиям выпуска их в водоёмы (Постановления Правительства РФ от 15.09.2020, №1430ю и от 26 октября 2019 г. № 1379). Рассмотрим его подробнее.

**Цель исследований:** оценка водной безопасности региона по пяти ключевым элементам (критериям) водной безопасности на примере Вологодской области с целью сохранения существующих водных объектов и снижения уровня их загрязнения.

Для решения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: выявить и проанализировать источники водной опасности в регионе; представить в виде функции сущность процесса обеспечения экологической безопасности предприятия в целом; провести прогнозирование различного рода рисков, потенциально способных стать реальной угрозой для водной безопасности региона; подобрать соответствующий набор ключевых параметров (критериев) для оценки водной безопасности региона.

### **Материалы и методы исследования**

Основанием для оценки рисков и ущербов от сбросов сточных вод в водоёмы являются критерии безопасности (ПДК, НДС, ВРС, ВРВ)<sup>1</sup>, которые формируют условия и от которых зависит обеспечение необходимого

<sup>1</sup> ПДК – предельно-допустимая концентрация

НДС – налог на добавленную стоимость

ВРС – временно разрешенные сбросы

ВРВ – временно разрешенные выбросы

экологического, технического, технологического состояния водохозяйственных объектов. Отклонения в работе объектов водоочистки по обеспечению допустимого качества сбрасываемой воды не должны нарушать экологическое состояние поверхностных вод, поэтому требуются дополнительные ресурсы для перехода системы очистки сточных вод в соответствие с требованиями.

Главные проблемы обеспечения водной безопасности связаны с конкретной территорией конкретного региона, выполняющего эколого-экономические функции. Водная безопасность региона – это, во-первых, текущее состояние водных объектов, во-вторых, наличие условий и факторов для перманентного доступа населения к требуемому количеству приемлемого качества воды, в-третьих, эффективность использования водных ресурсов на основе принципов ресурсосбережения, природоподобия и ресурсозамещения [1].

Источниками загрязнения воды в регионе являются промышленные и сельскохозяйственные предприятия, жилищно-коммунальные объекты, энергетика, транспорт и полигоны ТКО. Предприятия осуществляют сброс загрязняющих веществ в водные объекты на постоянной основе, также возможны аварийные сбросы (локальные и точечные). Существуют требования к канализационным очистным сооружениям населенных пунктов по соответствию качества сбрасываемой очищенной сточной воды (ПДК) вблизи рыбохозяйственных водных объектов.

Обеспечение водной безопасности практически любого предприятия – это ведение и контроль сбрасываемых после очистки стоков. Сущность процесса обеспечения экологической безопасности предприятия в целом можно представить в виде функции следующего вида:

$$f(C, P) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $C$  – издержки водохозяйственного объекта по соблюдению экологических норм по технологическим процессам и выпускаемой продукции, плата за НДС, нормативы допустимых выбросов в атмосферу (НДВ), временно согласованный

выброс (ВВС), нормативы образования отходов и лимиты на их размещение (НООЛР);

$P$  – потери от штрафных санкций за нарушение указанных норм, плата за превышение НДС, НДС, ВВС, НООЛР.

Таким образом, необходим интегрированный, системный подход к решению вопросов обеспечения водной безопасности на уровне региона, начиная от отдельных водохозяйственных объектов, предприятий, жилых комплексов и домохозяйств. Региональные стратегии водной безопасности должны быть долгосрочными, признавая, что «предвидение и предотвращение» рисков более эффективно с экологической и экономической точек зрения, чем «реагирование и восстановление» при последствии аварийных событий [2].

В достижении экологической безопасности региона центральная роль принадлежит воде, т.к. пресная вода является наиболее важным ресурсом для региона, охватывающим всю социальную, экономическую и экологическую деятельность. Это условие для жизни в регионе, благоприятный или ограничивающий фактор для любого социального и технологического развития [3-5]. Например, город Вологда – водно-чувствительный город, в настоящее время достиг пределов роста по водному фактору, т.к. городу требуется в сутки 130 тыс м<sup>3</sup> воды, а источником является река Вологда, имеющая расход в меженный период также 130 тыс м<sup>3</sup> в сутки.

Управление рисками предполагает прогнозирование различных видов рисков, которые могут представлять реальную угрозу водной безопасности региона и их предотвращение на приемлемом уровне. Например, в городах Великом Устюге и Красавино Вологодской области существуют системы управления рисками наводнений, которые минимизируют потенциальное негативное воздействие на экономику. Однако эта система несовершенна, и в 2019 году жители деревень Коромыслово и Запань Великоустюгского района были изолированы из-за наводнения, когда уровень реки Сухоны достиг

критической отметки в 720 см в Великом Устюге. Между тем, в Вологодском муниципалитете и Вологодском районе принцип предотвращения наводнений в паводковый период не был применен, в 2021 году из-за паводка был затоплен район «Прибрежный» (г. Вологды) и в поселке Сосновый берег у деревни Новое Вологодского района. Поселок был возведен в зоне затопления, что не исключило загрязнения реки Тошни хозяйственно-бытовыми стоками, а микрорайон «Прибрежный» был построен в исторической части города (район неолита) без учета гидрологического режима реки Вологды. Управление рисками водной безопасности требует учета и контроля всех факторов – от климатических и экологических до экономических и социальных.

На предприятиях водохозяйственных объектов также необходим управленческий учёт и контроль за работой, как отдельных сооружений, так и всего комплекса водоподготовки и очистки сточных вод. Пример: на станции водоподготовки г. Вологды в 2022 году произошла крупная авария, приведшая к остановке подачи питьевой воды в городские сети водоснабжения на несколько часов. Причиной стал низкий контроль за эксплуатацией фильтров.

Развитие водной безопасности в регионе основывается на следующих принципах: обеспечение населения водой надлежащего качества; снижение риска наводнений и загрязнения окружающей среды; проведение водовосстановительных мероприятий по нормализации состояния речных бассейнов; повторное использование и экономия потребления воды во всех отраслях промышленного и хозяйственного производства.

Для оценки региональной водной безопасности можно выбрать соответствующий набор ключевых параметров, отражающих решение ключевых водных проблем на региональном уровне. Оценка этих ключевых параметров по пятибалльной шкале, например, от 1 (неудовлетворительно) до 5 (отлично), может быть абсолютной или относительной и основываться на

опубликованных данных или экспертных оценках. Результаты могут быть представлены в виде пентаграммы.

Оценим ключевые элементы (критерии) водной безопасности региона на примере Вологодской области. Критерий 1 «Водная безопасность жилых зданий и домохозяйств» включает четыре составляющие: доступ населения к водопроводным сетям (89,4 % – Вологодская область), степень обеспеченности питьевой водой, отвечающей санитарным требованиям (51,9 % – Вологодская область), доступ к канализации (89,4 % – Вологодская область), оценка уровня гигиены в регионе. Гигиенический показатель предлагается устанавливать по адаптированной методике расчёта DALY для возможности оценки потерь здоровья населения, не приводящих к смертельному исходу, на примере заболевания диареей на 100 тысяч населения в год [6]. В данной работе при расчете критерия 1 принимался общий показатель заболевания диареей в Вологодской области, он составил в 2023 году – 5508 на 100000 человек. Рассчитаем этот показатель по формуле:

$$ГП = \frac{N \cdot 100000}{\bar{S}} \quad (2)$$

где  $ГП$  – гигиенический показатель;

$N$  – число выявленных случаев заболевания;

$\bar{S}$  – среднегодовая численность населения.

Для Вологодской области гигиенический показатель составил 468,1.

Критерий 1 направлен на обеспечение всеобщего доступа к безопасной питьевой воде, при этом оценивается доля населения, пользующегося улучшенным источником питьевой воды, доступной в необходимом количестве, не содержащей химических загрязнений.

Рассмотрим подробнее ситуацию в Вологодской области (табл. 1).

Таблица 1

Доля населения Вологодской области, обеспеченного водоснабжением и канализацией при общей численности 1176689 чел

Показатель	Доля, %
Обеспеченность питьевой водой в соответствии с санитарными требованиями	45,6
То же городского населения	51,9
Обеспеченного централизованным водоснабжением	89,4
То же нецентрализованным водоснабжением	10,6
Обеспеченного централизованной канализацией	15,1
Без центральной Канализации	66,5
Без канализации вообще	18,4

Системы водоснабжения населенных пунктов Вологодской области состоят из следующих элементов: водозаборные сооружения; объекты водоподготовки; насосные станции; водопроводные сети. Надежное обеспечение всех людей чистой водой и нормальными санитарными условиями должно стать главным приоритетом руководителей регионов [7].

Критерий 2 «Водоотведение и очистка сточных вод. Уровень региона». Критерий оценивает работу городских водохозяйственных объектов и включает такие действия: водоотведение и очистка сточных вод, включая поверхностный дождевой сток. Критерий 2 отслеживает долю сточных вод, поступающих от жилых комплексов, домашних хозяйств, служб и промышленных предприятий, которые подвергаются безопасной очистке перед сбросом в водоёмы.

Задача оценки по критерию 2 направлена на сокращение доли неочищенных сточных вод, сбрасываемых в водоемы региона. Выделим три составляющие критерия 2: очистка стоков до нормативного качества, недостаточно очищенные сточные воды и сточные воды, сбрасываемые в водоём без очистки.

В настоящее время очистке подлежат 210,3 млн м<sup>3</sup> сточных вод, образующихся как при использовании воды в хозяйственной деятельности, так и поверхностном стоке с территорий и поступающих на очистные сооружения водоотведения с разной эффективностью очистки (табл. 2). Неудовлетворительная работа сооружений объясняется перегрузкой по гидравлике, несовершенством конструкции, неудовлетворительным техническим состоянием сооружений и вспомогательного оборудования, нарушением правил эксплуатации.

Таблица 2

Эффективность очистных сооружений водоотведения в Вологодской области

Показатели качества	Эффективность очистки, %
Очищаются до нормативного качества при сбросе в водоем	23,5
Недостаточно очищенные сточные воды при сбросе в водоём	65,6
Сброс без очистки	10,9

Критерий 3 «Водная безопасность экосистем региона». Показатели водной безопасности экосистем оценивают экологическое здоровье рек и являются мерой прогресса в восстановлении рек и экосистем, способствуя их оздоровлению на региональном уровне. Критерий 3 отслеживает изменения во времени в экосистемах, связанных с водой региона. Результаты наблюдений используются для определения изменений в поверхностных водных объектах, таких как озера, реки, затопленные водно-болотные угодья и водохранилища.

Оценка качества природных вод с экологических позиций основывается на базовых показателях антропогенной нагрузки, рассчитываемых по следующим основным группам параметров, которые информируют о нарушениях качества воды: рН, растворённый кислород, взвешенные вещества, ХПК, БПК, азотную группу аммония, нитритов и нитратов, фосфор фосфатов, общего железа и марганца [8]. Исследование использования подземных вод в

Вологодской области показало, что общие потери составляют 3,0 % от всего объема используемых подземных вод, а 69,4 % от всего количества извлеченных подземных вод составляет сброс без какого-либо использования.

Теперь оценим экологическое здоровье рек: в Вологодской области в 52,2 % пунктах наблюдений речная вода относится к категории «загрязненная», в 45,6 % – к категории «грязная», в 2,2 % – к категории «чрезвычайно грязная» (р. Пельшма). Снижение качества поверхностных вод также связывают с низкой водностью летней межени и дождевыми паводками в осенний период. Качество воды в водных объектах Вологодской области во многом объясняется природным происхождением и фоновым антропогенным характером загрязнений органикой, железом, нефтепродуктами.

Оценим уровни для составляющих Критерия 3 «Водная безопасность экосистем региона» в части использования подземных вод: 0 %-20 % – ИВБР = 1 или 1-ый уровень; 21 %-35 % – ИВБР = 2; 36 %-60 % – ИВБР = 3; 61 %-90 % – ИВБР = 4; 90 %-100 % – ИВБР = 5. Уровни для составляющих Критерия 3 в части экологического здоровья рек региона представлены в табл. 3.

Таблица 3

Шкала значений индекса водной безопасности региона (ИВБР) при установлении уровней составляющих критерия 3 для оценки состояния кризисности водных объектов с экологических позиций

Оценочный показатель	Уровни составляющих критерия 3 для оценки качества воды водных объектов с экологических позиций				
	5(98%-100%)	4(80%-98%)	3(70%-80%)	2(55%-70%)	1(0%-55%)
	Чистая	Умеренно загрязнённая	Загрязнённая	Грязная	Чрезвычайно грязная
Состояние кризисности экосистемы	Состояние обратимых изменений на пороге уязвимости		Состояние обратимых и необратимых изменений	Состояние, близкое к необратимым изменениям	
ИВБР	ИВБР = 5 или 5-й уровень	ИВБР = 4 или 4-й уровень	ИВБР = 3 или 3-й уровень	ИВБР = 2 или 2-й уровень	ИВБР = 1 или 1-й уровень

Критерий 4 – «Защищенность от водной стихии» – типы опасностей, индикаторы угроз и уязвимости (риски): наводнения, затопление прибрежных зон. Критерий отражает способность защищаться и восстанавливаться после воздействий, связанных с водой бедствий. Подверженность территории Вологодской области указанным воздействиям остаётся актуальной. Примеры: заторные наводнения и затопление части территории г. Великий Устюг (р. Сухона), затопление прибрежных территорий г. Вологды (р. Вологда) и дважды в год (осенью и весной) территорий вдоль реки Сухоны, которая становится «анти-рекой» и несёт свои воды вспять.

Критерий 5 «Экономическая водная безопасность» включает в себя промышленную, энергетическую, сельскохозяйственную, водные безопасности и водную безопасность сектора услуг. Этот критерий отслеживает добавленную стоимость от количества воды (в кубических метрах), используемой в данной экономической деятельности. Критерий учитывает водопользование во всех видах экономической деятельности, уделяя особое внимание сельскому хозяйству, энергетике, сфере услуг и промышленности, и оценивает эффективное и рациональное использование водных ресурсов, включая рециркуляцию и повторное использование воды в производстве.

Водоёмкость валового регионального продукта для региона можно рассчитать по формуле:

$$\frac{Q_1 + Q_2 - Q_3 - Q_4 - Q_5 - Q_6 + Q_7}{ВПП}, \text{ м}^3/\text{тыс. руб.}, \quad (3)$$

где  $Q_1$  – годовое потребление свежей воды,  $\text{м}^3$ ;

$Q_2$  – годовой объём оборотного водоснабжения и повторного использования воды в отраслях экономики региона,  $\text{м}^3$ ;

$Q_3$  – потери подземных вод из самоизливающихся скважин без использования (на территории Вологодской области сброс без какого-либо использования составляет 69,4 % от всего количества извлеченных подземных вод),  $\text{м}^3$ ;

$Q_4$  – потери воды из оборотных охлаждающих водосистем на испарение, капле- и брызгоунос (2,5 % - 3 %), м<sup>3</sup>;

$Q_5$  – потери воды с влажными шламами и осадками от очистки воды и водоподготовки (около 5 %), м<sup>3</sup>;

$Q_6$  – потери воды из сетей водоснабжения городов в результате утечек из-за изношенности трубопроводов (в старых городах области могут достигать 20 %) м<sup>3</sup>;

$Q_7$  – использование дождевых и талых вод (реализуется в небольшом количестве на ряде предприятий в хозяйственных целях), м<sup>3</sup>;

*ВРП* – валовой региональный продукт, тыс руб.

Расчёт показал, что водоёмкость валового регионального продукта Вологодской области составляет  $V = 18,2$  м<sup>3</sup>/тыс руб. К крупнейшим водопотребляющим предприятиям Вологодской области относятся производства металлургической, химической и целлюлозно-бумажной промышленности, на долю которых приходится 46,1 % отраслевой структуры ВРП по видам экономической деятельности. Коэффициент водосбережения за счет оборотного и повторного использования воды достигает 97,5 % в ОАО «Северсталь» и более 95 % в ОАО «Аммофос» и «Азот». На многих предприятиях Вологды и Сокола коэффициент водосбережения за счет оборотного водоснабжения составляет от 30 до 50 % [9-11].

### **Результаты исследования**

Оценка водной безопасности региона определяется по каждому из пяти ключевых критериев по шкале от 1 до 5. Пентаграмма, построенная на основании средних баллов по каждому критерию водной безопасности (рис. 1) показывает, что водная безопасность Вологодской области имеет взаимосвязь с другими взаимозависящими друг от друга внутренними элементами. Представим полученные статистические данные по каждому из 5 оценочных

критериев водной безопасности. Если индекс водной безопасности региона = 1 (уровень 1), то водная ситуация в регионе небезопасна и существует значительный разрыв между текущей ситуацией и приемлемым уровнем водной безопасности. При уровне ИВБР = 5 регион считается показательным по управлению водными ресурсами и имеет максимально возможный уровень водной безопасности, ИВБР = 4 – уровень водной безопасности эффективный; при ИВБР = 3 – хороший и при ИВБР = 2 – удовлетворительный уровень водной безопасности.

Оценим данные уровни для составляющих Критерия 1 «Водная безопасность жилых зданий и домохозяйств»: доступ населения к водопроводным сетям, степень обеспеченности питьевой водой, отвечающей санитарным требованиям, доступ к канализации (0 %-60 % – ИВБР = 1; 60 %-70 % – ИВБР = 2; 70 %-80 % – ИВБР = 3; 80 %-90 % – ИВБР = 4; 90 %-100 % – ИВБР = 5), оценка уровня гигиены в регионе (750-1500 и более – ИВБР = 1; 450 -750 – ИВБР = 2; 150-450 – ИВБР = 3; 75-150 – ИВБР = 4; 0-75 – ИВБР = 5).

Результаты расчета для составляющих Критерия 1 по «Водной безопасности жилых домов и домохозяйств в Вологодской области»: доступ населения к централизованному водоснабжению – ИВБР = 4, качество питьевого водоснабжения – ИВБР = 1, доступ к системам водоотведения – ИВБР = 4, уровень гигиены в регионе – ИВБР = 2.

Уровни и соответствующие им проценты для составляющих Критерия 2: очистка стоков до нормативного качества – ИВБР = 1, недостаточно очищенные сточные воды и сточные воды – ИВБР = 2 (0 %-60 % – ИВБР = 1, 60 %-70 % – ИВБР = 2, 70 %-80 % – ИВБР = 3; 80 %-90 % – ИВБР = 4, 90 %-100 % – ИВБР = 5), сбрасываемые в водоём без очистки – ИВБР = 1 (всегда 1).

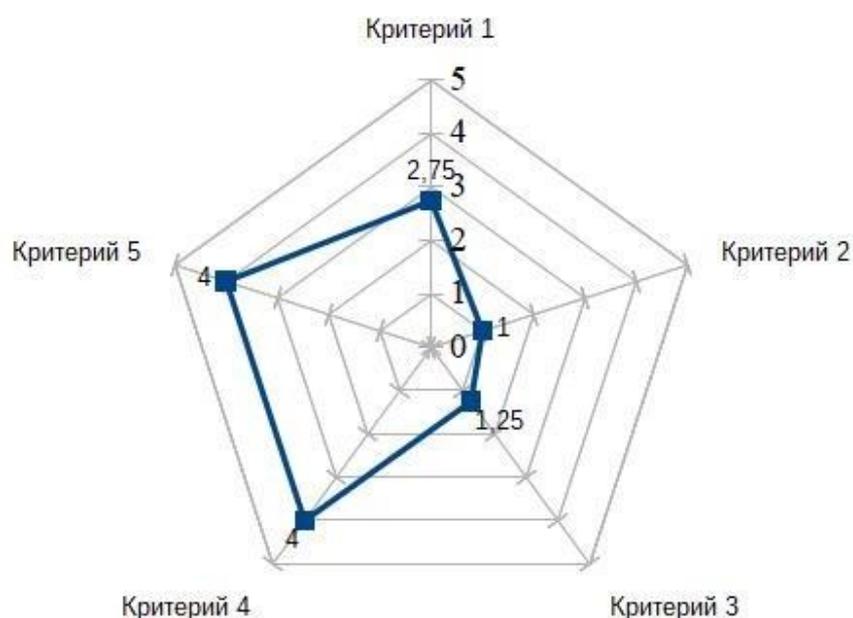
Результаты расчета для составляющих Критерия 3 по «Водной безопасности экосистем в Вологодской области»: нагрузка и угрозы речным экосистемам в результате изменения (ухудшения) характеристик водосборной

площади – ИВБР = 2 по экспертным оценкам из-за наличия животноводческих комплексов, ферм, пастбищ на водосборных площадях и прибрежных территориях, загрязнение речной экосистемы в зависимости от класса качества: чистая – нет, умеренно загрязнённая – нет, загрязнённая – ИВБР = 1, грязная – ИВБР = 1, чрезвычайно грязная – ИВБР = 1, эффективность использования подземных вод – ИВБР = 2, устойчивость к изменениям природных стоков в связи со строительством водной инфраструктуры и биологическими факторами – ИВБР = 4.

Оценка критерия 4 «Защищённости от водной стихии» основана на данных, представленных опытными региональными экспертами и составляет: ИВБР = 4.

Оценка критерия 5 «Водная безопасность экономики» базируется на мнении опытных региональных экспертов с учётом водоёмкости валового регионального продукта и составляет ИВБР = 4.

При построении пентаграммы учитываем средневзвешенный показатель (ИВБР) по каждому критерию: для критерия 1 – ИВБР = 2,75 (третий уровень из пяти возможных), для критерия 2 – ИВБР=1 (по расчёту 1,33, но с учётом корректирующего коэффициента 0,75 получим 1), для критерия 3 – ИВБР=1,25, для критерия 4 – ИВБР=4, для критерия 5 – ИВБР=4 (рис. 1).



**Рис. 1. Пентаграмма водной безопасности региона (на примере Вологодской области)**

Средневзвешенный показатель водной безопасности Вологодской области составил 52 %, т.е. как естественные, так и техногенные опасности носят потенциально скрытый характер.

Низкий индекс безопасности воды в регионе указывает на потенциальный риск. Риск – это мера опасности, которую необходимо контролировать, а также частоту ее возникновения. Риск представляет собой вероятность возможной опасности, нежелательного события. Задача управления рисками заключается в устранении неопределенности, непредсказуемости и частоты опасных событий (если это возможно), то есть в предотвращении будущих рисков. В данной работе предлагается риск – ориентированный подход к оценке местной водной безопасности. Этот подход позволяет выявить «узкие места» в системе обеспечения населения необходимым количеством качественной питьевой воды и принять меры по предотвращению загрязнения водных ресурсов и устранению угроз, которые могут привести к отклонению от местных требований.

Использование подхода, основанного на оценке рисков, обеспечивает:

– Выявление угроз, которые могут возникнуть в исследуемой системе водоснабжения или водохозяйственном объекте.

– Потенциал возникновения в результате идентифицированных угроз.

– Выявление наиболее значимых факторов, способствующих возникновению нежелательных событий (например, сбросов в водные объекты из-за отсутствия очистки или нарушения требований).

– Оценка ущерба, нанесенного окружающей среде.

– На основе результатов анализа формулирование предлагаемых решений, направленных на минимизацию выявленных угроз.

Для характеристики опасности водной среды предлагается индекс опасности, определяемый по формуле:

$$I_0 = \sum_{i=1}^5 \frac{ИВБР_i - 5}{5}, \quad (4)$$

где  $ИВБР_i$  – индекс водной безопасности региона по каждому критерию;

5 – наивысший балл при отличных показателях по каждому критерию.

Возможны, с точки зрения риска, три состояния водной системы:

0 – приемлемый риск, водная система на пороге уязвимости;

От 0 до минус 10 – состояние обратимых и необратимых изменений в водной системе, переходный показатель очевидного риска;

Менее или равно минус 10 – состояние близкое к необратимым изменениям, неприемлемый риск. Учитывая данные пентаграммы, индекс водной опасности для Вологодской области составляет  $I_0 = -2,4$ . Это потенциальная опасность и показатель очевидного риска.

## Выводы

Разработана методология анализа водной безопасности на уровне региона для пяти ключевых элементов – критериев безопасности. Средневзвешенный показатель водной безопасности Вологодской области составляет 52 %. На

основании проведенных исследований установлены индексы водной безопасности по каждому критерию, рассчитана водоёмкость валового регионального продукта на примере Вологодской области. Предложены риск – ориентированный подход к оценке водной безопасности региона и формула определения индекса водной опасности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Grey D., Sadoff C.W. Sink or Swim? Water security for growth and development. *Water Policy*, 2007, 9(6), pp. 545–571.
2. Кумзеров В.М. Водная стратегия России и проблемы водохозяйственного комплекса регионов Северо-Западного федерального округа // *Экономические и социальные перемены в регионе*. 2009. 4 (8). С. 61 – 72.
3. Скитер Н.Н. Экономико-математическая модель регулирования выбросов производственного сектора // *Известия Нижневолжского агро-университетского комплекса, ВГСХА*. Волгоград. 2012. № 1. С. 214 – 219.
4. Скитер Н.Н., Рогачев А.Ф., Плещенко Т.В. Математическая модель регулирования вредных производственных выбросов для обеспечения эколого-экономической безопасности // *Fundamental and applied sciences today*, 2013, vol.2. CreateSpace, 4900 LaCross Road, North Charleston, SC, USA 29406, pp. 253 – 258.
5. Montgomery M.A., Elimelech M. Water and Sanitation in Developing Countries: Including Health in the Equation, *Environmental Science & Technology*, 2007, vol 41, no. 1, pp. 17 – 24.
6. Jen-Jeng Chen, Hsuan-Hsien Yeh. The mechanisms of potassium permanganate on algae removal, *Water Research*, 2005, vol. 39, no. 18, pp. 4420 – 4428.
7. Bilotta P., et al. Swine effluent post-treatment by alkaline control and UV radiation combined for water reuse, *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 140, pp. 1247 – 1254.
8. Jin Y., et al. The performance and applicability study of a fixed photovoltaic-solar water disinfection system, *Energy Conversion and Management*, 2016, vol. 123, pp. 549 – 558.
9. Husam Damem Al-Hamaiedeh. Use of the Dead sea brine as electrolyte for electrochemical generation of active chlorine, *Desalination and water treatment*, 2013, vol. 51, pp. 3521 – 3526.
10. Lyla Mehta & Gert Jan. The Global Politics of Water Grabbing Jennifer Franco. *Veldwisch* Published online, 2013, vol. 21, pp. 1751 – 1785.

11. Тюленева Т.А., Кабанов Е.И. Использование риск-ориентированного подхода в управлении профессиональными рисками взрыва метана и пыли на угледобывающем предприятии // Техника и технология горного дела. 2021. № 2 (13). С. 13 – 32.

Поступила в редакцию: 27.03.2024

### ***Сведения об авторах***

#### *Соколов Леонид Иванович*

доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН), 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д.21, Россия.

профессор кафедры Строительство систем и сооружений водоснабжения и водоотведения, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ–РГГРУ) 117485, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая д. 23. Россия.

E-mail: [sokolovli@mail.ru](mailto:sokolovli@mail.ru)

#### *Силинский Виктор Алексеевич*

аспирант кафедры Теплогазоводоснабжения, Инженерно-строительный институт, Вологодский Государственный университет, 160000, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15. Россия.

E-mail: [viktor.silinsky@yandex.ru](mailto:viktor.silinsky@yandex.ru)

*L.I. Sokolov, V.A. Silinsky*

## REGIONAL WATER SECURITY

**Annotation.** Problems and peculiarities of safe functioning under ecological impact on the water complex of regional level are outlined. The management of water resources on the principle of the entire water basin as well as the financial strategy for the development of regional water management is proposed. Sources causing damage to water objects in a region are presented, calculation and justification of payments for the use of water resources is carried out; the mechanism of water use commensurate with market conditions is proposed. The system-integrated methodological approach to analyzing water security in a region for five key elements - security criteria, on the example of the Vologda Oblast, starting from individual water management facilities, enterprises, residential complexes and households, is considered. According to the adapted method of DALY calculation, a hygienic index for the possibility of assessing the health losses of the population is established. Water security indices for each criterion are established, and the water intensity of the gross regional product is calculated. The algorithm of water security provision at the regional level is presented.

**Keywords:** water resources management, basin principle, water security, regional level, risks, threats and vulnerability of water security, water security criteria, water intensity of gross regional product.

*For citation:* Sokolov L.I., Silinsky V.A. [Regional water security] *Upravlenie tekhnosferoi*, 2024, vol. 7, issue 2. (In Russ.) Available at: <https://technosphere-ing.ru/> pp. 319–337. DOI: 10.34828/UdSU.2024.76.89.011

## REFERENCES

1. Grey D., Sadoff C.W. Sink or Swim? Water security for growth and development. *Water Policy*, 2007, 9(6), pp. 545–571.
2. Kumzerov V.M. Vodnaya strategiya Rossii i problemy vodokhozyaistvennogo kompleksa regionov Severo-Zapadnogo federal'nogo okruga [Water strategy of Russia and problems of the water management complex of the regions of the North-Western Federal District]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny v regione [Economic and social changes in the region]*, 2009, 4 (8), pp. 61 – 72. (In Russ.).
3. Skeeter N.N. Ekonomiko-matematicheskaya model' regulirovaniya vybrosov proizvodstvennogo sektora [Economic and mathematical model for regulating emissions from the manufacturing sector]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa [News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex]*, VGSNA. Volgograd, 2012, no. 1, pp. 214 – 219. (In Russ.).

4. Skeeter N.N., Rogachev A.F., Pleschenko T.V. Matematicheskaya model' regulirovaniya vrednykh proizvodstvennykh vybrosov dlya obespecheniya ekologo-ekonomicheskoi bezopasnosti [Mathematical model for regulating harmful industrial emissions to ensure environmental and economic safety]. *Fundamental and applied sciences today*, 2013, vol.2. CreateSpace, 4900 LaCross Road, North Charleston, SC, USA 29406, pp. 253 – 258.
5. Montgomery M.A., Elimelech M. Water and Sanitation in Developing Countries: Including Health in the Equation, *Environmental Science & Technology*, 2007, vol 41, no. 1, pp. 17 – 24.
6. Jen-Jeng Chen, Hsuan-Hsien Yeh. The mechanisms of potassium permanganate on algae removal, *Water Research*, 2005, vol. 39, no. 18, pp. 4420 – 4428.
7. Bilotta P., et al. Swine effluent post-treatment by alkaline control and UV radiation combined for water reuse, *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 140, pp. 1247 – 1254.
8. Jin Y., et al. The performance and applicability study of a fixed photovoltaic-solar water disinfection system, *Energy Conversion and Management*, 2016, vol. 123, pp. 549 – 558.
9. Husam Damem Al-Hamaiedeh. Use of the Dead sea brine as electrolyte for electrochemical generation of active chlorine, *Desalination and water treatment*, 2013, vol. 51, pp. 3521 – 3526.
10. Lyla Mehta & Gert Jan. The Global Politics of Water Grabbing Jennifer Franco, *Veldwisch* Published online, 2013, vol. 21, pp. 1751 – 1785.
11. Tyuleneva T.A., Kabanov E.I. Ispol'zovanie risk-orientirovannogo podkhoda v upravlenii professional'nymi riskami vzryva metana i pyli na ugledobyvayushchem predpriyatii [Using a risk-based approach in managing occupational risks of methane and dust explosions at a coal mining enterprise]. *Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela [Mining engineering and technology]*, 2021, no. 2 (13), pp. 13 – 32. (In Russ.).

Received: 27.03.2024

### ***About the Authors***

#### *Sokolov Leonid Ivanovich*

Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher at the Research Institute of Structural Physics of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department «Construction of Water Supply and Sanitation Systems and Structures», Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University (MGRI – RGGRU). Russia.

E-mail: sokolovli@mail.ru

#### *Silinsky Viktor Alekseevich*

Postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vologda State University», Vologda, Lenin str. 15. Russia.

E-mail: viktor.silinsky@yandex.ru