

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ

УДК 504.4.062.2

### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ АГЛОМЕРАЦИЙ СИБИРИ<sup>1</sup>

© 2019 г. О. В. Тасейко<sup>1,3\*</sup>, В. В. Москвичев<sup>2,3</sup>, Д. А. Черных<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М.Ф. Решетнева  
Красноярск, 660037 Россия

<sup>2</sup>Сибирский федеральный университет  
Красноярск, 660041 Россия

<sup>3</sup>Институт вычислительных технологий СО РАН, СКТБ “Наука”  
Красноярск, 660049 Россия  
\*e-mail: taseiko@gmail.com

Поступила в редакцию 05.02.2018 г.

После доработки 25.06.2018 г.

Принята к публикации 26.06.2018 г.

Выявлены и оценены базовые индикаторы регионального водопользования как одного из компонентов единой социально-природно-техногенной системы. Базовые индикаторы оценивались на примере промышленных агломераций Сибири: Красноярского края и Кемеровской области, рассматриваемых в качестве пилотных регионов для разработки концепции социально-природно-техногенных систем. Выбор и оценка базовых индикаторов — первоочередной этап в решении задачи оценки рисков устойчивого регионального развития.

**Ключевые слова:** риски водопользования, индикаторы устойчивого развития, водохозяйственные системы, оценка состояния водных ресурсов.

**DOI:** 10.31857/S0321-0596466638-648

В российском водном хозяйстве имеется ряд нерешенных проблем: во-первых, законы, регулирующие развитие и управление водными ресурсами, зачастую не согласуются друг с другом; во-вторых, государственные полномочия распределены таким образом, что поверхностные воды находятся в компетенции одного ведомства, подземные — другого; в-третьих, недостаточность нормативно-правовой базы, регламентирующей деятельность эксплуатирующих организаций. Если раньше ведомственные институты обеспечивали периодический пересмотр и актуализацию всех нормативов, то сейчас они лишены ведомственной принадлежности и не осуществляют этот блок работ [15].

Задача данного исследования заключается в анализе глобальных и региональных рисков водопользования и в их оценке в региональном масштабе на примере промышленно развитых территорий Красноярского края и Кемеровской области. При этом промышленный регион представляется в виде единой социально-природно-техногенной (С-П-Т) системы с характерным набором базовых рисков развития в сфере управления водными ресурсами. Региональные риски водопользования рассматриваются в контексте постановки и решения глобальных проблем использования и управления водными ресурсами.

### ГЛОБАЛЬНЫЕ РИСКИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Глобальные риски водопользования связаны с наиболее актуальными проблемами, включая изменение климата, дефицит пресной воды, оптимизацию хозяйственной деятельности с точки зрения устойчивого развития, управление эко-

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту “Теоретические основы, алгоритмическое обеспечение и информационные технологии для решения фундаментальных и прикладных задач исследования сложных техногенных, природных и биологических систем” и при частичной поддержке РФФИ (проект 15-07-06982).

логическим состоянием трансграничных речных бассейнов.

Влияние климатических изменений на состояние водных ресурсов сильнее с каждым годом и вызывает негативные эффекты в здоровье каждого человека, экономике и обществе в целом, поскольку различные сферы экономики — сельское хозяйство, энергетика и гидроэнергетика, судоходство, здравоохранение, туризм — напрямую зависят от состояния и качества водных ресурсов [17]. Изменение климата, обусловленное глобальным потеплением, для России будет, скорее всего, неблагоприятным. Даже незначительное повышение температуры в регионах Крайнего Севера и Арктики приведет к таянию многолетней мерзлоты с образованием новых обводненных территорий. На европейской части территории России ожидается ухудшение водообеспечения. Вероятное существенное усугубление неравномерности выпадения осадков приведет к повышению угрозы как наводнений, так и засух [3], что подтверждается природными аномалиями (ливневые осадки, град, наводнения) в весенне-летний период 2017 г.

Многие регионы мира характеризуются четко выраженной тенденцией уменьшения или увеличения объемов речного стока, что ведет к серьезному ослаблению устойчивости всех водоемких отраслей экономики. Так, например, в России изменение сезонного стока рек вследствие происходящих и ожидаемых изменений климата должно учитываться в гидроэнергетике [23].

Экологические риски эксплуатации водных бассейнов крупных речных систем сложны для расчетов, потому что, как правило, такие системы пересекают одну или несколько границ и имеют множество заинтересованных в их эксплуатации сторон с разнообразными экологическими и социально-экономическими интересами. Управление на основе бассейнового подхода включает в себя идентификацию и вовлечение в данный процесс всех соответствующих экономически заинтересованных сторон. При реализации такого подхода решаются задачи экологического контроля и комплексного мониторинга с учетом общих планов управления водоразделами, программных мероприятий экологических организаций, результатов мониторинга и других данных [27]. Среди потенциальных проблем,

связанных с трансграничным характером водных бассейнов, можно назвать возникновение политической напряженности и неэффективное распределение ресурсов. К числу наиболее подверженных конфликтам регионов относятся Месопотамия, бассейны Нила, Аму-Дарьи, Амуре и его притоков. Дифференциация групп стран имеет место как в отношении рационального водопользования (количественные характеристики), так и состояния водных ресурсов (качественные характеристики) [15].

Для трансграничных речных бассейнов, расположенных в границах Европейского Союза, управление реализуется согласно Водной рамочной директивы (ВРД) ЕС. Региональные власти координируют и реализуют водохозяйственные мероприятия в речных бассейнах под международным наблюдением. Основная цель введения ВРД ЕС заключается в усилении связи между управлением водными ресурсами и стратегическим планированием. Цель стратегического планирования — учет социальных, экономических и экологических интересов развития региона, в то время как управление водными ресурсами регулирует преимущественно вопросы технического использования воды [25].

Для комплексной оценки рисков водопользования и экологических последствий хозяйственной деятельности Институт мировых ресурсов (World Resources Institute (WRI) Markets) и Enterprise Program при поддержке крупнейших компаний, в том числе “General Electrics”, “Goldman Sachs”, “Shell” и “P&G”, разработали проект AQUEDUCT GLOBAL MAPS 2.0 — всесторонний и общественно доступный интерактивный инструмент, который предоставляет информацию о связанных с водой рисках по всему миру [26]. Все показатели сгруппированы по типам рисков: качественные, количественные и репутационные [24]. Учет химических и микробиологических факторов загрязнения в этом подходе не предполагается.

Основное направление минимизации глобальных рисков водопользования, в том числе и в России, включает в себя содействие созданию системы интегрированного управления водными ресурсами с приграничными странами и проведения согласованной региональной и национальной политики водопользования, охватывающей различные аспекты организации,

финансирования, нормативно-правового обеспечения водного хозяйства на основе выверенных эколого-хозяйственных критериев [9].

### РИСКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Усиление глобальных рисков в сфере водопользования повышает актуальность решения региональных проблем в этой области хозяйственной деятельности. Невысокая эффективность водопользования, недопустимо низкое качество питьевой воды в водохозяйственных системах, неудовлетворительное состояние наиболее значимых эксплуатируемых природных водных объектов объясняются прежде всего тем, что водное хозяйство страны по целому ряду признаков остается на уровне развития, характерном для середины XX в. [3]. Данная постановка и точка зрения подтверждается состоянием водопользования в Красноярском крае, Кемеровской области и других субъектах Сибирского ФО.

По суммарным водным ресурсам Сибирский ФО находится на втором месте после Дальневосточного ФО. При этом потенциальная водообеспеченность, выражающаяся в кубических метрах на человека в год, — самая высокая по сравнению с другими федеральными округами. В субъектах юго-западной части Сибирского ФО наблюдается уменьшение водных ресурсов, которое до настоящего времени не приводит к низким значениям водообеспеченности и высокой нагрузке на среднесезонные водные ресурсы. Однако уже существующие весьма серьезные водные проблемы в маловодные периоды могут обостриться в перспективе. Прежде всего это связано с большой изменчивостью водных ресурсов во времени и пространстве и с интенсивным использованием стока трансграничных рек в Китае и Казахстане [1].

Риски устойчивого развития региональных водохозяйственных систем формируются под влиянием ряда факторов. Во-первых, наиболее значимы организационные факторы, зависящие напрямую от экономической составляющей: неудовлетворительное состояние санитарно-защитных зон водисточников, отсутствие утвержденных зон санитарной охраны источ-

ников водоснабжения и несоблюдение их режима. Во-вторых, питьевые водопроводные системы на значительной части территорий края не имеют систем водоочистки и обеззараживания. Степень изношенности водопроводной сети для большинства регионов Сибирского ФО составляет 34–47%, что определяет высокую аварийность и потери воды — 15.8–20.6% [4]. В-третьих, неудовлетворительно организован лабораторный контроль качества питьевой воды по причине недостаточного финансирования систем государственного мониторинга водных объектов. Еще одна проблема связана с малой обеспеченностью сельских населенных пунктов централизованным водоснабжением. Серьезной причиной считается отсутствие на протяжении многих лет новых разведанных запасов пресных подземных вод из-за недостатка финансирования, что затрудняет обеспечение населения водой [22].

Красноярский край характеризуется высокой водообеспеченностью, при этом основная доля водных ресурсов приходится на неосвоенные территории региона. Освоенные в хозяйственном отношении центральные и южные районы располагают лишь пятой частью объема водных ресурсов края, а часть южных районов испытывает недостаток водообеспечения [20].

Основные экологические проблемы водных объектов Кемеровской области связаны с тем, что в Кузбассе ведется достаточно интенсивная угледобыча. Положение усугубляется тем, что в некоторых речных бассейнах находятся закрытые шахты, в пределах горных отводов которых уже в течение нескольких лет развиваются процессы заболачивания. К настоящему времени ~90% угля обогащается мокрыми способами, и в дальнейшем доля мокрых способов будет только увеличиваться. Это приводит к значительному загрязнению водных объектов шламовыми водами, поскольку создание замкнутого водооборота в процессе осветления шахтных вод не всегда может быть успешно осуществлено [5].

Отмеченные особенности водохозяйственных систем характерны и для других регионов России. Для решения проблем нормативного и научно-методического обеспечения управления и охраны водных объектов необходимы разработка и внедрение автоматизированных систем управления водными ресурсами и во-

дохозяйственными системами на бассейновом уровне на основе информационно-вычислительных комплексов, использующих гидрологические, эколого-экономические и экономико-математические модели. Концептуально построение таких систем может осуществляться в рамках и структуре автоматизированных региональных систем территориального управления рисками и безопасностью (РСТУ РБ) [8].

### ИНДИКАТОРЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Для информационного обеспечения управления водными ресурсами необходим научно обоснованный выбор эколого-социально-экономических индикаторов состояния и значимости водных объектов. Нормативное обеспечение этой процедуры к настоящему времени развито недостаточно. В предложенном в 2016 г. проекте “Правила ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде” выявлены существенные методические неопределенности, нуждающиеся в корректировке с учетом географических особенностей объектов оценки и анализа, а также особенностей формирования информационных потоков по рассматриваемой тематике [6, 14].

Наиболее значимы исследования по разработке индикаторов устойчивого регионального развития Н.Я. Шапарева [20]. Предложенные им индикаторы, основанные на реестре показателей устойчивого развития, входящих в систему показателей ООН, организованы в структуру “входное воздействие—состояние—управление” (рис. 1).

Показатели входного воздействия представляют модели и процессы, которые непосредственно влияют на устойчивое развитие. В отношении водных ресурсов входные воздействия связаны с забором и сбросом сточных вод, повышением уровня загрязнения водных объек-

тов, наличием и состоянием гидротехнических сооружений. Состояние устойчивого развития характеризуется индикаторами состояния, включающими химическое и бактериологическое загрязнение водных объектов, качество питьевой воды, состояние систем водоснабжения, региональный перенос загрязняющих веществ. Показатели управления определяют выбор стратегического управления и другие виды реагирования, отвечающие изменениям состояния устойчивого развития [20, 21].

Кроме структурной организации, все показатели сгруппированы по четырем критериям:

- 1) поддержание санитарно-эпидемиологического состояния поверхностных вод;
- 2) развитие системы обеспечения населения водой требуемого количества и качества;
- 3) численность населения, проживающего на территории, на которой окружающая среда испытывает негативное воздействие;
- 4) защита водных объектов от антропогенного воздействия.

Существующая система гидрологического мониторинга на территории России вполне эффективна для выявления закономерностей многолетних изменений стока и гидрологического режима рек. В меньшей степени она эффективна для решения задач своевременного выявления опасных гидрологических явлений. Обилие водных объектов на территории РФ в целом и Красноярского края в частности, разнообразие природных условий, механизмов возникновения опасных гидрологических явлений, способов хозяйственного использования водных объектов существенно затрудняют создание эффективной и полновесной сети гидрологических наблюдений [19]. Базовые индикаторы устойчивого развития промышленного региона должны стать основой системы комплексного экологи-

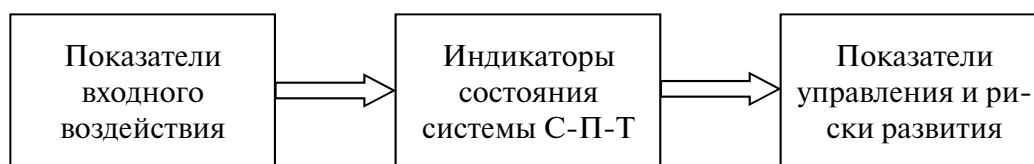


Рис. 1. Структура и взаимосвязь индикаторов устойчивого развития системы С-П-Т.

ческого мониторинга состояния и развития региональной С-П-Т.

### ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ И КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ БАЗОВЫХ ИНДИКАТОРОВ

Комплексное состояние водных ресурсов и водохозяйственных систем оценивалось на основе групп индикаторов, характеризующих состояние С-П-Т. Индикаторы состояния и диапазоны их изменения для Красноярского края представлены в табл. 1.

Достаточно сложна динамика показателей состояния открытых водоемов. Уровни микробиологического и радиационного загрязнения водоемов категорий хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (критерий 1) снижались в период с 1995 по 2015 г. При этом доля проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по химическому загрязнению водоемов хозяйственно питьевого водопользования, выросла почти в 3 раза. Из-за отсутствия связи между показателями химического и микробиологического загрязнения сделать вывод об улучшении состояния открытых водоемов по данным мониторинга не представляется возможным.

Такой индикатор, как потенциал самоочищения, требует дополнительных расчетов и исследований, поэтому в данной работе он не определялся. Индикатор характеризует состояние водной экосистемы в целом, что обуславливает наличие его в перечне базовых индикаторов.

Плотность гидрологических сетей (критерий 2) определяет величину средней площади, обслуживаемой одной гидрологической станцией государственной наблюдательной сети. В целом, плотность гидрологической сети должна быть такой, чтобы обеспечить необходимую информационную базу для оценки водных ресурсов и управление ими, и определяется экономическим развитием, плотностью населения, климатическими и географическими особенностями территории [20]. Государственная наблюдательная сеть на территории Красноярского края включает в себя 198 гидропостов (по состоянию на 03.08.2017) [2]. Средняя площадь, об-

служиваемая одной гидрологической станцией, составляет ~6 тыс. км<sup>2</sup>.

Критерий 3 (табл. 1) — один из наиболее геоэкологически неопределенных, так как принципы выделения территорий, на которых окружающая среда испытывает негативное воздействие, не охарактеризованы в нормативных документах. Не определены количественные и качественные критерии их выделения, а также перечень показателей состояния окружающей среды (ОС), на основе которых будет определяться наличие или отсутствие негативного воздействия на окружающую среду. Также открытым остается вопрос организации исследований состояния ОС территорий для его расчета [6].

Оценка индикатора “Численность населения в зоне вероятной ЧС” (критерий 3) предполагает учет потенциальной опасности в случае аварийных ситуаций (в результате разрушения объекта или его конструктивных элементов, стихийных бедствий, терактов и других причин) на объекте накопленного вреда [6].

Расчет “Популяционного канцерогенного риска” (критерий 3) выполнялся по методике оценки рисков для здоровья населения от загрязнения питьевой воды [18] для Красноярского края и Кемеровской области по результатам анализа проб воды из источников централизованного водоснабжения на содержание металлов за период 2007–2015 гг. [7].

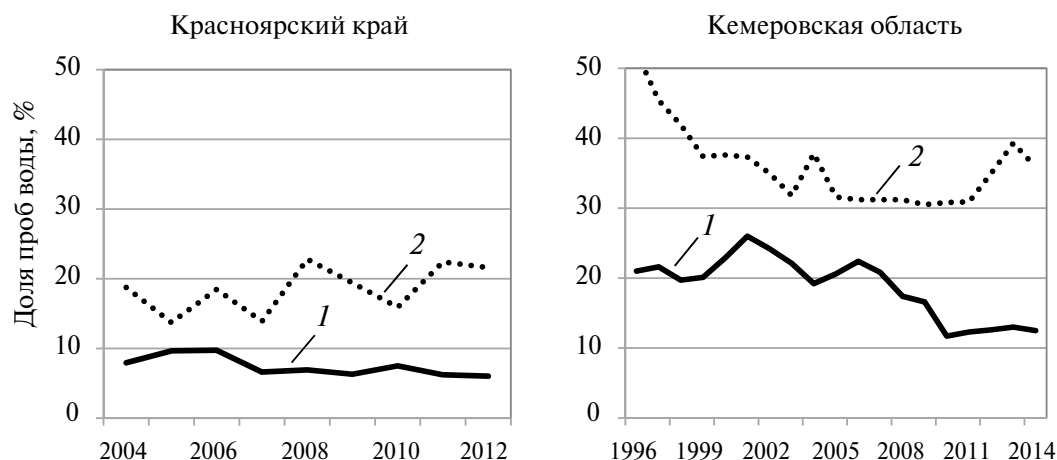
На рис. 2 представлена динамика индикаторов состояния для двух промышленных регионов Сибири [12, 13].

Показатели качества питьевой воды за рассмотренный период меняются незначительно в обоих регионах, при этом в Кемеровской области доля проб воды источников централизованного водоснабжения, не соответствующих нормативным значениям как по микробиологическим, так и по санитарно-химическим показателям, почти в два раза превышают соответствующие значения для Красноярского края. Связано это с интенсивным влиянием промышленности региона именно на водные объекты.

Методики определения массы накопленных отходов конкретных классов опасности (табл. 2) вполне проработаны, однако проблема несовершенства учета количества и классов складываемых отходов, особенно на

**Таблица 1.** Диапазоны изменения базовых индикаторов состояния системы С-П-Т за 2005–2015 гг., Красноярский край (годовые значения) [12]. Направление стрелок показывает уменьшение или повышение базовых индикаторов

Критерий	Индикатор		Диапазон	Характер изменения, %
Критерий 1: Поддержание санитарно-эпидемиологического состояния поверхностных вод	Состояние открытых водоемов хозяйственно-питьевого водопользования — доля проб, не отвечающих гигиеническим нормативам, %	По химическим показателям	5.5–31.2	↑186
		По микробиологическим показателям	4.6–33	↓56
		По радиационным показателям	9–48	↓78
	Состояние открытых водоемов культурно-бытового водопользования — доля проб, не отвечающих гигиеническим нормативам, %	По химическим показателям	8.7–48.5	↓42
		По микробиологическим показателям	4.7–39.1	↓69
	Общее количество воздушных поллютантов или их количество, приходящееся на единицу площади водного бассейна, т/м <sup>2</sup> в год		3.6–4.8	↓26
Лесная площадь, используемая для водоохраных целей, тыс. га		1196	—	
Потенциал самоочищения (доля водотоков со сниженным потенциалом самоочищения)		—	—	
Критерий 2: Развитие системы обеспечения населения водой требуемого количества и качества	Доля населения, потребляющего питьевую воду, удовлетворяющую требованиям нормативов, %		82	—
	Доля проб, не отвечающих гигиеническим нормативам, %	Санитарно-химические показатели	13.7–22.8	↑58
		Микробиологические показатели	6–9.74	↓38
	Запасы воды в водохранилищах (полный/полезный), млрд м <sup>3</sup>		(138–198) / (66–67)	↑30 / ↑4
	Доля объектов водоснабжения, не отвечающих санитарным требованиям, %		28.3–32.3	↑12
Плотность гидрологических сетей (км <sup>2</sup> / количество действующих гидрологических станций)		6000	—	
Критерий 3: Количество населения, проживающего на территории, на которой окружающая среда испытывает негативное воздействие	Численность населения в зоне вероятной ЧС (опасные гидрологические явления и процессы), тыс. чел.		34	Данные за 2006 г. [10]
	Численность населения в зоне вероятной ЧС (аварии на гидротехнических сооружениях), тыс. чел.		1794.34	Данные за 2006 г. [10]
	Популяционный канцерогенный риск — число дополнительных случаев онкологических заболеваний от потребления загрязненной воды, тыс. чел.		0.2–40	2013–2015 гг.



**Рис. 2.** Доля проб воды источников централизованного водоснабжения населения, не соответствующих гигиеническим нормативам на территории Красноярского края и Кемеровской области, — индикаторы состояния по Критерию 2: 1 — микробиологические показатели, 2 — санитарно-химические показатели.

несанкционированных свалках, затрудняет точный расчет индикатора [6].

Термический режим — один из важнейших для водной экосистемы. Антропогенное воздействие на термический режим водоемов связано со строительством объектов теплоэлектроэнергетики, при этом сооружение ТЭЦ и ГРЭС приводит к тепловым воздействиям на водные экосистемы, а эксплуатация ГЭС — к холодным. Термическое воздействие (критерий 1) на водные объекты Красноярского края связа-

но с функционированием Красноярской ГЭС. Строительство и запуск ГЭС привели к существенному снижению температуры воды в Енисее в районе г. Красноярска с 20–25°C до 8–12°C, что существенно нарушило термический режим по всему бассейну реки [20].

Трансграничный перенос загрязняющих веществ в водных объектах (критерий 1, базовые индикаторы входного воздействия) имеет важное значение для тех рек, бассейны которых расположены на территории нескольких регионов или

**Таблица 2.** Диапазоны изменения базовых индикаторов входного воздействия, Красноярский край (годовые значения) [12]. Направление стрелок показывает уменьшение или повышение базовых индикаторов

Критерий	Индикатор	Диапазон	Изменение, %
Критерий 1: Поддержание санитарно-эпидемиологического состояния поверхностных вод	Образование отходов (производства, потребления), млн т	99–450	↑73
	Мощность термического воздействия (тепловые и холодные загрязнения)*, °С	–12	–
	Трансграничный перенос загрязняющих веществ, млн м <sup>3</sup>	892–1100 [11]	↑25
Критерий 2: Развитие системы обеспечения населения водой требуемого количества и качества	Ежегодный забор поверхностных и подземных вод, млн м <sup>3</sup>	4712–2112	↓133
	Потери воды при транспортировке, млн м <sup>3</sup>	55.2–103.6	↑50
	Бытовое потребление воды на душу населения, л/(чел сут)	352–160	↓55
Критерий 3: Защита водных объектов от антропогенного воздействия	Мощность очистных сооружений, после которых сточные воды отводятся, млн м <sup>3</sup>	746–984	↑24
	Объем сброса сточных вод в поверхностные водоемы, млн м <sup>3</sup>	536–371	↓54

\* Индикатор характеризует состояние экосистемы в целом, поэтому, несмотря на отличие по способам оценки и единицам измерения, включен в группу входных воздействий.

стран. Так, сброс сточных вод в бассейн р. Ангары на территории Иркутской области выше, чем на территории Красноярского края в ~15 раз и составляет ~1000 млн м<sup>3</sup> (табл. 2) [20]. Несмотря на общее снижение объемов сброса сточных вод на территории края, уровень загрязнения увеличивается за счет трансграничного переноса.

Объем потерь воды при транспортировке забранного объема воды к месту потребления в Российской Федерации ежегодно составляет 7.5 км<sup>3</sup>. Более 90% общего объема потерь приходится на жилищно-коммунальное и сельское хозяйство. В числе основных причин высоких потерь воды можно выделить низкий технический уровень систем водоснабжения и значительную степень (50–60%) износа распределительных водоподводящих сетей, мелиоративных систем и гидротехнических сооружений [16].

На рис. 3 представлена годовая динамика бытового потребления воды как индикатора входного воздействия

для Красноярского края и Кемеровской области [12, 13]. За рассматриваемый период наблюдается снижение бытового водопотребления в обоих регионах.

Снижение сброса загрязняющих веществ связано с общим снижением степени хозяйственного использования водных объектов (рис. 4, 5) [12, 13]. При этом для Красноярского края тенденция снижения показателей выражена больше, чем для Кемеровской области.

Диапазоны изменения базовых индикаторов управления для Красноярского края представлены в табл. 3. За последние 25 лет практически значения всех индикаторов управления водными объектами уменьшились в среднем на четверть.

Уменьшение объемов забора и сброса сточных вод, преимущественно в Красноярском крае, вызвано в большей степени снижением объемов промышленного производства.

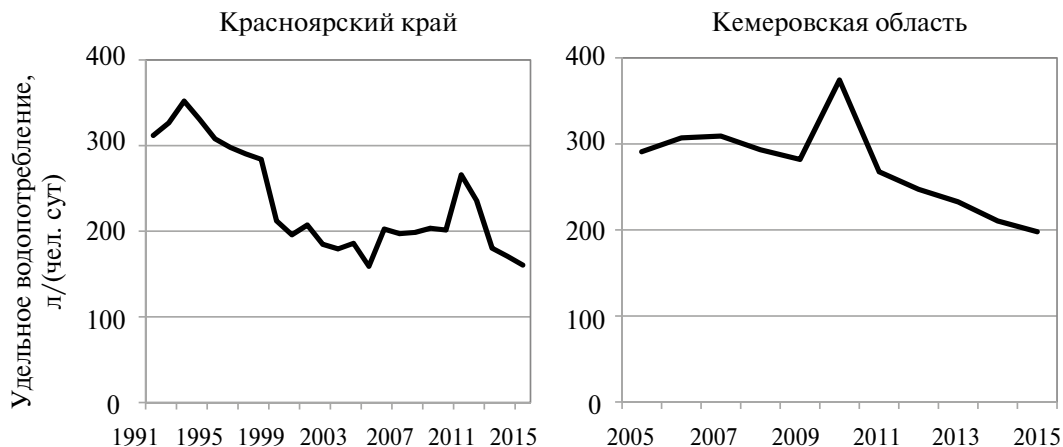


Рис. 3. Бытовое потребление воды на душу населения — индикатор входного воздействия, Критерий 2.

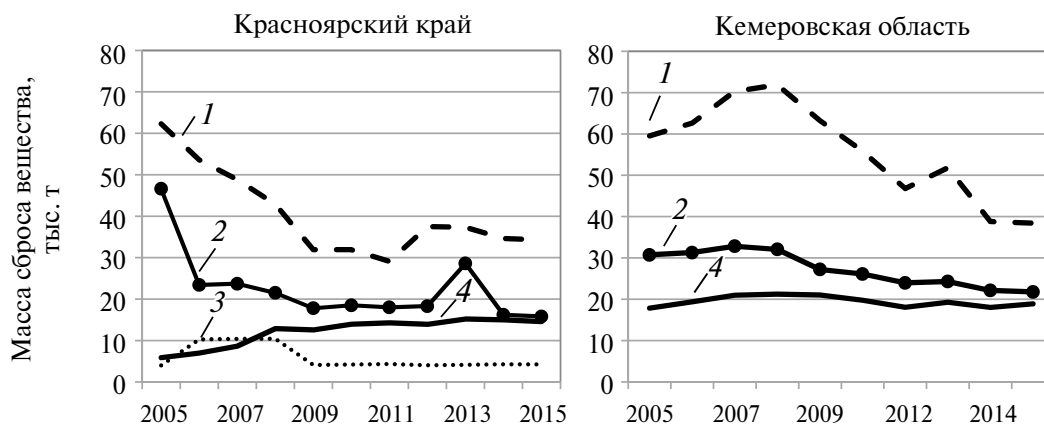


Рис. 4. Сброс загрязняющих веществ — индикатор входного воздействия, Критерий 3: 1 — сульфаты, 2 — хлориды, 3 — азот общий, 4 — нитраты.



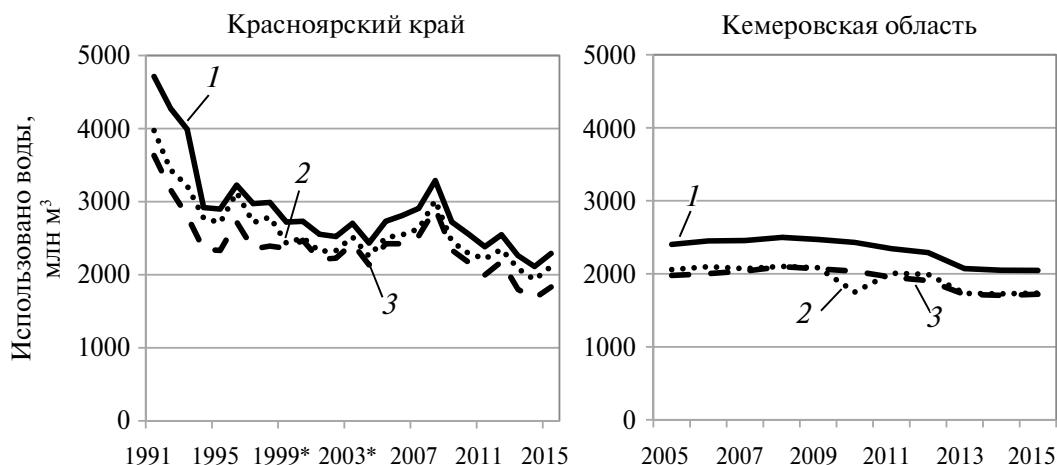


Рис. 5. Динамика забора и сброса сточных вод в поверхностные водные объекты в Красноярском крае и Кемеровской области — индикаторы управления, Критерий 1 (объем, млн м<sup>3</sup>, \*без учета Норильского промрайона): 1 — забрано, 2 — использовано, 3 — сброшено [12, 13].

Таблица 3. Диапазоны изменения базовых индикаторов управления, Красноярский край (годовые значения) [12]. Направление стрелок показывает уменьшение или повышение базовых индикаторов

Критерий	Индикатор	Диапазон	Изменение	
Критерий 1: Защита водных объектов от антропогенного воздействия	Проведение инженерных противопаводковых мероприятий, млн руб.	64–240	↑72%	
	Объем сброса сточных вод	Общий объем, млн м <sup>3</sup>	1677–2905	↓24%
		Нормативно-чистые (без очистки), млн м <sup>3</sup>	1267–2369	↓26%
		Загрязненные (недостаточно очищенные), млн м <sup>3</sup>	287.6–412.6	↓18%
		Загрязненные (без очистки), млн м <sup>3</sup>	37.7–55.7	↓29%
	Нормативно очищенные, млн м <sup>3</sup>	40.8–54.5	↓15%	

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сведение базовых индикаторов регионально-го развития в единую информационную систему представляется сложной задачей, решение которой ограничено, с одной стороны, неоднородностью рядов данных, с другой — разными формами представления самих индикаторов как в качественном, так и в количественном виде.

Водно-хозяйственные системы представляют собой природно-технические комплексы, подверженные природным и антропогенным воздействиям. Оценка устойчивости таких сложных систем возможна только с использованием методологии оценки рисков на основе базовых индикаторов развития. Следующий этап решения

поставленной задачи — выбор базовых показателей риска, которые позволят учесть основные индикаторы устойчивого развития региона.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балонишников Ж.А. Водные ресурсы и их использование в административных регионах России: современные и перспективные оценки // ЭКО-бюллетень ИнЭКА. 2009. № 4 (135). <http://ineca.ru/?dr=bulletin/arhiv/0135&pg=006>.
2. Государственная наблюдательная сеть ФГБУ «Среднесибирское УГМС» // Федеральное государственное бюджетное учреждение «Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». <http://meteo.krasnoyarsk.ru/СреднесибирскоеУГМС/Наблюдательнаясеть/tabid/221/Default.aspx>.

3. *Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л.* Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. М.: Науч. мир, 2010. 232 с.
4. *Демин А.П.* Рациональное использование питьевой воды в регионах Сибири // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии. Барнаул: Пять плюс, 2017. Т. 3. С. 176–184.
5. *Ковалев В.А., Потапов В.П., Счастливцев Е.Л.* Мониторинг состояния природной среды угледобывающих районов Кузбасса. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 312 с.
6. *Кравец Е.А.* Геоинформационный анализ проекта постановления Правительства Российской Федерации “Об утверждении правил ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде” // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2016. № 4. С. 85–87.
7. *Морозова О.Г., Вчерашний П.М.* Качество природных поверхностных и подземных вод территории Дзержинского района Красноярского края. Свидетельство о гос. регистрации базы данных № 201 462 0311. Заявка 2013621777. Дата регистрации 20.02. 2014 г.
8. *Москвичев В.В., Бычков И.В., Потапов В.П., Тасейко О.В., Шокин Ю.И.* Информационная система территориального управления рисками развития и безопасностью // Вестн. РАН. 2017. № 8. С. 696–705.
9. *Назаров В.П.* О некоторых международных проблемах водопользования в мире и угрозах национальной безопасности России // Право и безопасность. 2010. № 2. С. 30–34.
10. О состоянии защиты населения и территорий Красноярского края от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2006 году. Гос. Докл. // М.: Главное управление МЧС России по Красноярскому краю, 2007. 171 с.
11. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области (2007–2015 гг.). Иркутск: Время странствий, 2008–2016.
12. О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае (2000–2015 гг.). Ижевск: Принт-2, 2001–2016.
13. О состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области (2006–2015 гг.). Кемерово: Администрация Кемеровской области, Деп. природ. ресурсов и экологии Кемеровской обл., 2007–2016.
14. Об утверждении правил ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде. Постановление Правительства РФ от 13 апреля 2017 г. № 445.
15. *Проскурякова Л.Н., Саритас О., Сиваев С.Б.* Водохозяйственный комплекс: глобальные вызовы и долгосрочные тенденции инновационного развития. М.: НИУ ВШЭ, 2015. 84 с.
16. Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах. Концепция федеральной целевой программы от 28 июля 2011 г. № 1316-р.
17. Руководство по водным ресурсам и адаптации к изменению климата / Европейская экономическая комиссия. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. Нью-Йорк; Женева: ООН, 2009. 144 с.
18. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04 от 5 марта 2004 г.
19. *Фролова Н.Л., Алексеевский Н.И., Жук В.А.* Мониторинг гидрологических процессов и обеспечение безопасности водопользования // Гидравлика, гидрология, водные ресурсы. 2014. № 3. С. 66–69.
20. *Шанарев Н.Я.* Ресурсы Красноярского края в показателях устойчивого развития. Красноярск: КГПУ, 2009. 352 с.
21. *Шанарев Н.Я.* Система показателей устойчивого природопользования // Природные ресурсы Красноярского края. 2009. <http://nature.krasn.ru/node/70#2>.
22. *Шахматов С.А., Морозова О.Г., Вчерашний П.М., Леонтьев В.М.* Экологический менеджмент в решении проблем водообеспечения территорий Красноярского края // Вестн. КрасГАУ. 2015. № 9 (108). С. 67–71.
23. *Ясинский В.А., Мироненков А.П., Сарсембеков Т.Т.* Инвестиционные риски, связанные с влиянием глобального изменения климата на водные ресурсы Центральной Азии // Евразийская экономическая интеграция. 2010. № 1 (6). С. 68–75.
24. *Orr S., Sánchez-Navarro R., Schmidt G., Seiz-Puyuelo R., Smith K., Verberne J.* Assessing Water Risk. A Practical Approach for Financial Institutions. Berlin: WWF, 2011. 60 p.
25. *Pilke A., Mäkinen H., Pietiläinen O.-P.* Анализ и управление речными бассейнами. Итоговый отчет I по проекту “Международные Речные Бассейновые Округа в Восточной части Балтийского Моря — TRABANT”. Хельсинки: Ин-т окружающей среды Финляндии, 2007. 82 с.
26. *Reig P., T. Shiao T., Gassert F.* Aqueduct Water Risk Framework. Working Paper. Washington, DC: World Resour. Inst., 2013. <http://www.wri.org/publication/aqueduct-waterrisk-framework>.
27. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Application of watershed ecological risk assessment methods to watershed management. Washington, DC: EPA, 2008. 76 p.

## REGIONAL PROBLEMS OF WATER USE FOR SIBERIAN INDUSTRIAL AGGLOMERATIONS

© 2019 O. V. Taseiko<sup>1,3,\*</sup>, V. V. Moskvichev<sup>2,3</sup>, D. A. Chernykh<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology  
Russian Federation 660037 Krasnoyarsk*

<sup>2</sup>*Siberian Federal University  
Russian Federation 660041 Krasnoyarsk*

<sup>3</sup>*Institute of Computational Technologies SB RAS, Krasnoyarsk Branch office  
Russian Federation 660049 Krasnoyarsk*

\**e-mail: taseiko@gmail.com*

Received: 05.02.2018

Revised version received: 25.06.2018

Accepted: 26.06.2018

This research is devoted to identification and assessment of basic indicators for regional water use as one of components of social-natural-technogenic system. Basic indicators are estimated on the example of Siberian industrial agglomerations such as Krasnoyarsk and the Kemerovo regions. These regions are considered as pilot for development of the social-natural-technogenic systems' concept. Identification of basic indicators is a first stage in the problem of sustainable regional development risks assessment.

**Keywords:** water use risks, indicators of development research, water management systems, assessment of the state of water resources.

**DOI:** 10.31857/S0321-0596466638-648