

ВКЛЮЧЕНИЕ В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ БАСЕЙНА РЕКИ КОТОРОСЛЬ)

Г. А. Фоменко, д. г. н., профессор,
Председатель правления,
А. Е. Бородкин, руководитель органа
по оценке риска,
Л. К. Меркулова, руководитель отдела характе-
ристики риска
АНО Научно-исследовательский проектный ин-
ститут «Кадастр», info@nipik.ru
Э. А. Павлова, инженер,
ООО «Научно-производственное предприятие
«Кадастр», info@nppkad.ru

Статья рассматривает возможность повышения эффективности бассейнового управления с использованием инструментария оценки риска здоровью населения. Представлены результаты многолетних исследований качества поверхностных вод реки Которосль в Ярославской области, оценена экспозиционная нагрузка на взрослое и детское население, а также выявлены особенности рискогенности поверхностного водоемного источника. Показано, что при существующей пероральной экспозиции приоритетными критическими органами являются кровь, желудочно-кишечный тракт и сердечно-сосудистая система. Выполненная кластеризация участков поверхностного водоемного источника позволила определить проблемные зоны.

Результаты исследования показали перспективу интеграции оценки риска здоровью населения в водохозяйственное планирование, что позволит в дальнейшем оптимизировать и увеличить эффективность системы бассейнового управления.

The article considers the possibility of increasing the basin management efficiency with the use of tools for assessing the public health risks. It presents the results of the years of the research into the surface water quality of the Kotorosl River in the Yaroslavl Region, the exposure load on the adults and children is assessed, and the peculiarities of risk-taking of the surface water source are identified. It is shown, that under the current peroral exposure the priority critical organs are the blood, gastrointestinal tract, and cardiovascular system. The executed clustering of the river plots allowed us to determine the problem areas.

The study results showed the perspective of risk assessment integration of the public health into water management planning, which will allow to optimize and increase the efficiency of basin management system.

Ключевые слова: бассейновое управление, поверхностные воды, оценка риска здоровью населения, загрязняющие вещества.

Keywords: basin management, the surface water, human health risk assessment, pollutants.

Без воды нет Жизни, нет экономики, поскольку ни один промышленный и сельскохозяйственный процесс не обходится без воды. В 2013 году на Будапештском водном саммите было заявлено, что «устойчивый мир — это мир, в котором есть водная безопасность», по мнению председателя саммита Яноша Мартони «...ни одна из благородных целей развития в мире не может быть достигнута без воды», «...если мы исключаем природу из водного уравнения, то природа исключает нас из биосферы». Как отмечено в докладе ООН о состоянии водных ресурсов мира за 2016 г. «...отсутствие надлежащего подхода к вопросам водных ресурсов чревато серьезными опасными последствиями для экономики, источников существования и населения, что может привести к катастрофическим последствиям, борьба с которыми потребует огромных расходов» [1].

Взросшая значимость водных проблем связана с тем, что наибольший спрос в природно-ресурсной сфере в ближайшие десятилетия прогнозируется именно на пресную воду. По прогнозам ОЭСР¹, мировой спрос на воду до 2050 года возрастет приблизительно на 55 % вследствие растущего спроса со стороны промышленных предприятий (+400%), теплоэлектростанций (+140 %) и домохозяйств (+130%). По мнению экспертов ОЭСР, снижение объемов экологических попусков и доступности воды для экологических целей поставит многие экосистемы под угрозу. Ожидается также повсеместное повышение загрязненности водных объектов биогенными веществами, поступающими с коммунальными и сельскохозяйственными стоками, что стимулирует эвтрофикацию и деградацию водных экосистем, особенно в условиях разбалансировки климата. На запасы пресной воды также влияют стремительные темпы урбанизации — ожидается, что к 2050 году около 70 % мирового населения будет проживать в городах.

Качество пресной воды всегда входило в основную тематику глобальных саммитов по устойчивому развитию

¹Здесь и далее по тексту приведены прогнозные данные ОЭСР <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/9712018e5.pdf>.

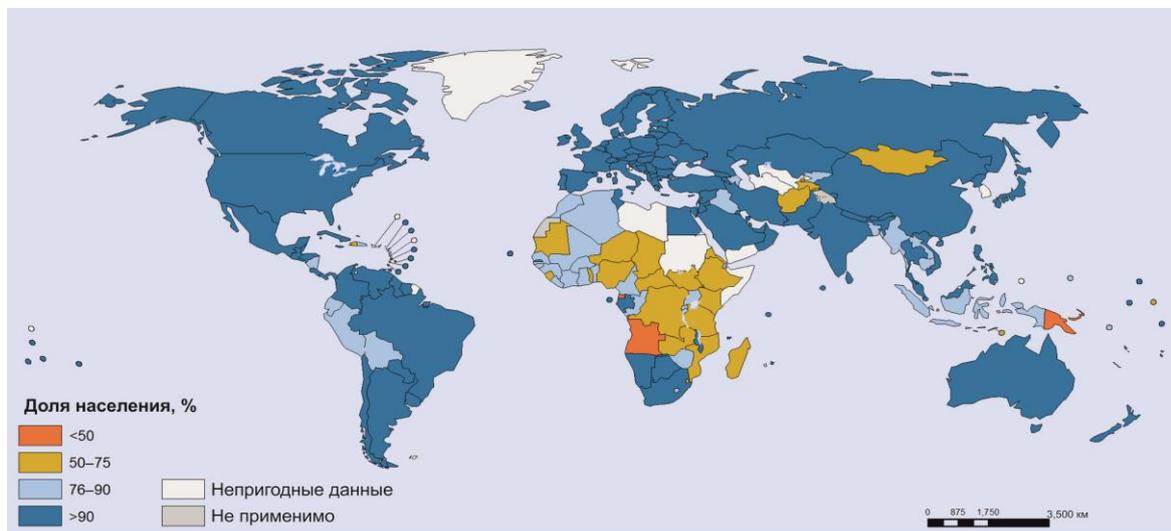


Рис. 1. Доля населения, имеющего доступ к улучшенным источникам питьевой воды. Источник: по данным Глобальной обсерватории здравоохранения ВОЗ, 2015 г. (http://gamapserv.who.int/gho/interactive_charts/mdg7/atlas.html?indicator=i2&date=2012)

(УР), начиная с 1992 года. Не случайно в составе целей УР, принятых в 2015 году на 70-й юбилейной сессии Генеральной ассамблеи ООН², две цели из 17 утвержденных, призывают 1) наращивать потенциал в области раннего предупреждения, снижения и регулирования глобальных рисков здоровью, сокращать количество случаев смертей, связанных с воздействием химических факторов окружающей среды, включая воду (*цель 3, 3.9; 3.d*) и 2) повышать качество воды посредством снижения загрязнений, ликвидации отходов, уменьшения выбросов и сбросов, сокращения неочищенных сточных вод, увеличения безопасного повторного использования воды, а также обеспечивать комплексное управление водными ресурсами на всех уровнях (*цель 6, 6.3; 6.5*).

Принятие глобальных целей устойчивого развития особенно актуально в условиях экономического кризиса, когда в понимании устойчивости акцент все больше смещается в сторону повышения жизнестойкости людей, сообществ и территориальных эколого - социально - экономических систем под воздействием внешних

²Цели устойчивого развития стали результатом переговорного процесса с участием 193 государств-членов ООН, в который были вовлечены широкие круги гражданского общества и другие заинтересованные стороны, включая Россию. В итоге были определены 17 целей устойчивого развития со 169 целевыми показателями (ранее действующие цели развития предусматривали достижение 21 целевого показателя). Генеральный секретарь ООН назвал это событие историческим и подчеркнул, что новая повестка дня в области устойчивого развития требует всеобщей солидарности, <http://www.un.org>

факторов, в том числе и непредвиденных, недопущение неподконтрольного их разрушения [2]. В обстановке высоких рисков здоровью, по данным Всемирной организации здравоохранения (2015), обеспечение населения качественной водой является хорошей экономической инвестицией — некоторые страны теряют до 7 % ВВП из-за неадекватной санитарной ситуации по водному фактору. В настоящее время около 89 % населения мира имеют доступ к улучшенным источникам воды (хотя многие из них продолжают пить воду, которая является химически и биологически опасной), а 768 миллионов человек по-прежнему не имеют к ним доступа (рис. 1).

Возрастание рисков здоровью формирует новый взгляд на природоохранную деятельность, поэтому традиционные подходы к бассейновому управлению требуют совершенствования. По нашему мнению, повысить качество бассейнового управления, в условиях ориентации на глобальные цели УР и усилившейся рискогенности, возможно через включение в механизмы бассейнового управления и водохозяйственного планирования методологии оценки риска.

В России медико-экологические подходы к интегральному управлению водными ресурсами проработаны недостаточно. Тем не менее, в этом контексте представляют интерес результаты исследований Л. И. Эльпинера [3], а также А. Е. Шаповалова, в работе которого были рассмотрены подходы медико-географической оценки влияния загрязнения питьевых подземных вод на здоровье населения и применены показатели рис-

ка здоровью преимущественно как диагностического критерия [4]. В Ярославской области проблеме качества водной среды было посвящено достаточное количество исследований, большая часть которых касалась ее количественного анализа, оптимизации системы мониторинга и организации экспедиций для натуральных исследований качества воды поверхностных источников [5]. Особенности сельского водоснабжения Ярославской области были изучены в работах Г. А. Фоменко, М. А. Фоменко [6], К. А. Лошадкина [7]. Риск-ориентированный подход оценки качества воды малых рек был рассмотрен в работе А. И. Ахременко, Ю. С. Кашенкова, А. Е. Бородкина [8].

Ежегодный рост водопотребления и расширение географического пространства рисков как в г. Ярославле, так и Ярославской области в целом, создает определенное напряжение в существующей системе бассейнового управления. Результаты исследований качества поверхностных вод в период с 2013 по 2015 гг. показывают положительную динамику качества воды по химическому фактору. Однако данная ситуация, имеющая, казалось бы, позитивный тренд, не позволяет ее расценивать как благоприятную. В первую очередь это связано с тем, что малоинформативная оценка долей некачественных проб воды ориентирована на средний процент проб с неудовлетворительными результатами и, характеризуя обобщенную статистическую совокупность результатов контроля, не позволяет адекватно оценить риски здоровью [9]. Необходимость оптимизации подходов бассейнового управления в условиях климатической и экологической напряженности, а также возрастающего значения водных ресурсов и приоритетных глобальных целей, показывают актуальность рассматриваемой темы исследования. Разработка предложений для изменения подходов к бассейновому управлению с использованием научных инструментов оценки риска здоровью населения и включения рискологических индикаторов в моделирование и прогнозирование возможных медико-экологических последствий, а также в разработку и обоснование приоритетности различных природоохранных мероприятий, выделение зон риска в речных бассейнах определяет цель настоящего исследования.

Материалы и методы исследований. Исследования качества поверхностных вод выполнялись в рамках федеральных и региональных программ, направленных на развитие водохозяйственного комплекса Ярославской области.

Они проводились в период 2002—2008 гг. Верхневолжским отделением Российской экологической академии под руководством В. И. Лукьяненко, городской санитарной службой, на 11 станциях наблюдения р. Которосль. Рассматривались санитарно-химические показатели, в частности среднемесячные концентрации основных контролируемых химических токсикантов. Измерения концентраций химических токсикантов воды выполнялись ежегодно, 2 раза в месяц. Процедура оценки риска выполнена в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920-04 по общепринятым этапам: идентификация опасности, оценка экспозиции, оценка зависимости «доза—ответ», характеристика риска. Статистический анализ многолетних данных натуральных исследований, а также результатов оценки экспозиционной нагрузки и рисков здоровью населения выполнялся с применением прикладного пакета STATISTICA³ на базе Органа по оценке риска здоровью населения Научно-исследовательского проектного института «Кадастр». Проверка нулевых гипотез выполнялась при критическом уровне статистической значимости $p = 0,05$. С целью выбора показателей дескриптивной статистики выполнялась проверка гипотезы о нормальном распределении количественных признаков с помощью критериев d - и W -статистики. В случае нормального распределения значений использовались параметрические методы, при ненормальном — непараметрические. При этом дескриптивная статистика включала расчеты среднего значения, медианы, 95 % доверительный интервал, стандартное отклонение, 25—75 % процентилей и квартильный размах. Для визуализации взаимных связей между исследуемыми показателями рассматриваемой генеральной совокупности критериев качества воды р. Которосль использовалась процедура иерархической кластеризации с помощью метода Варда (Ward's method, метрика — Манхэттенское расстояние). Для более глубокого анализа кластеризации в данной работе применялся метод кластеризации K -средних (K -Means). Для визуализации пространственного распределения кластеров были задействованы ГИС-инструменты ArcGis 10.2.

Результаты и их обсуждение. Река Которосль является самым полноводным и крупным притоком р. Волги в Ярославской области. Длина реки составляет около 126 км, площадь ее бассейна — 6370 км². Истоком реки считают место

³ StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com.

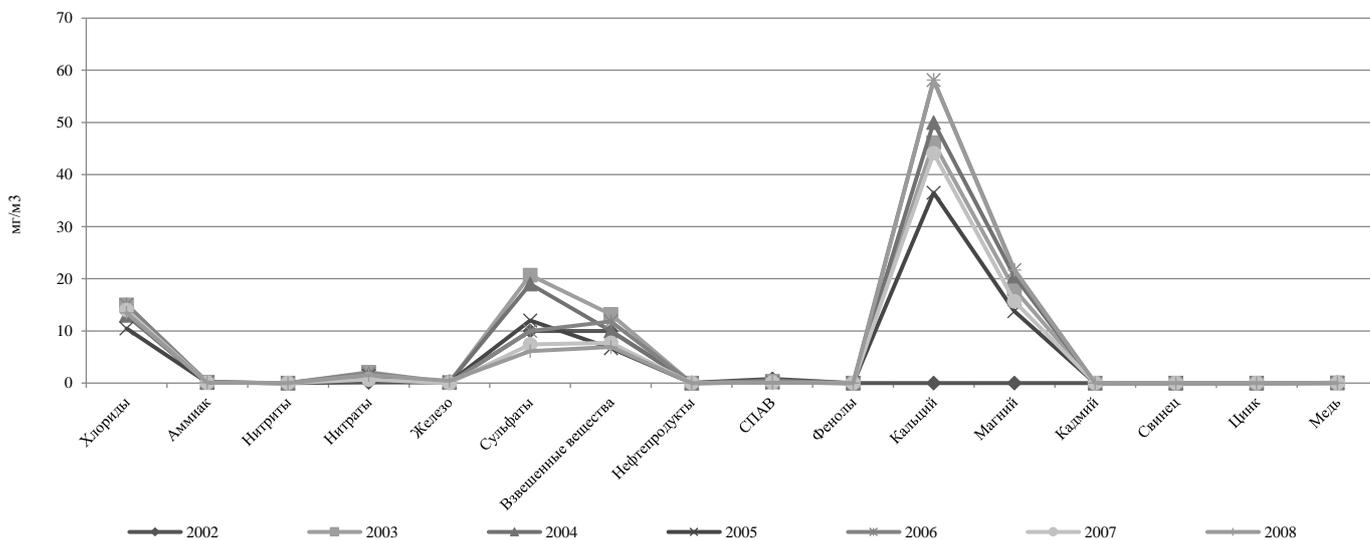


Рис. 2. Динамика среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в воде р. Которосль в период 2002-2008 гг.

слияния рек Векса и Устье, вытекающих из озера Неро. Которое ль впадает в Волгу в районе Горьковского водохранилища в окрестностях г. Ярославля. Анализ динамики качества поверхностной воды в период 2002—2008 гг. позволяет сориентироваться в предварительном выборе приоритетных химических токсикантов (рис. 2). В приоритетный список загрязняющих веществ р. Которосль попали следующие загрязнители: хлориды, нитраты, сульфаты, взвешенные вещества, кальций, магний. Все концентрации загрязняющих веществ удовлетворяли нормативным значениям предельно допустимых концентраций (ПДК) в поверхностных водах.

В дальнейшем, в ходе расчетов средней дозы при пероральном поступлении химических токсикантов с водой была определена экспозиционная нагрузка на потенциально экспонируемое взрослое и детское население, которое может пользоваться водой в питьевых и рекреационных целях (рис. 3, а, б). Так, основными загрязнителями, формирующими экспозиционную

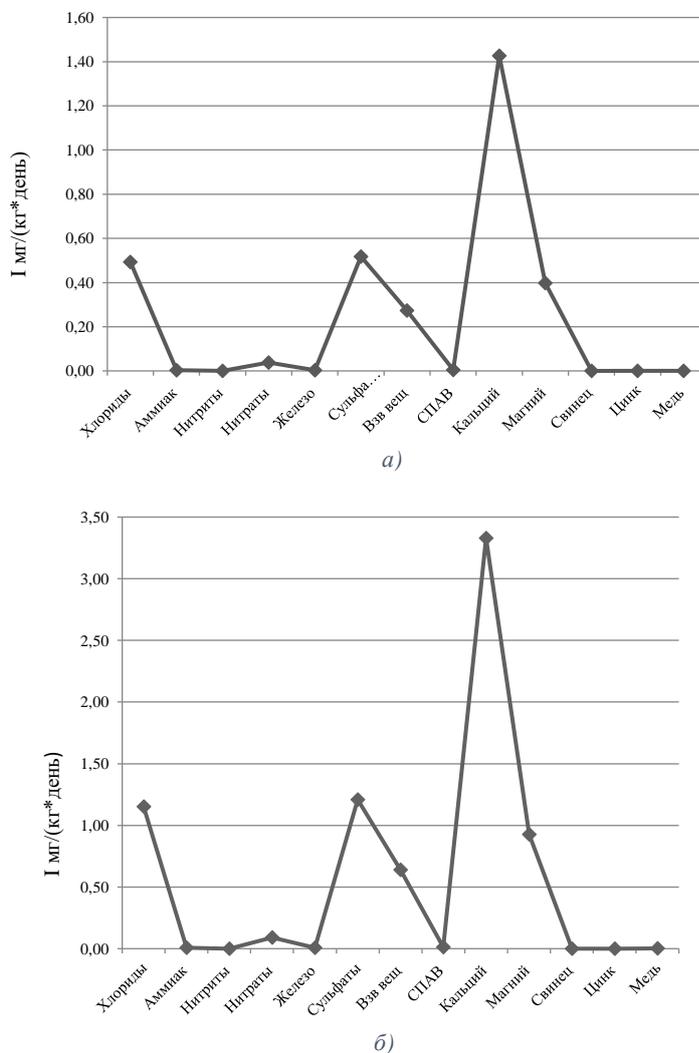
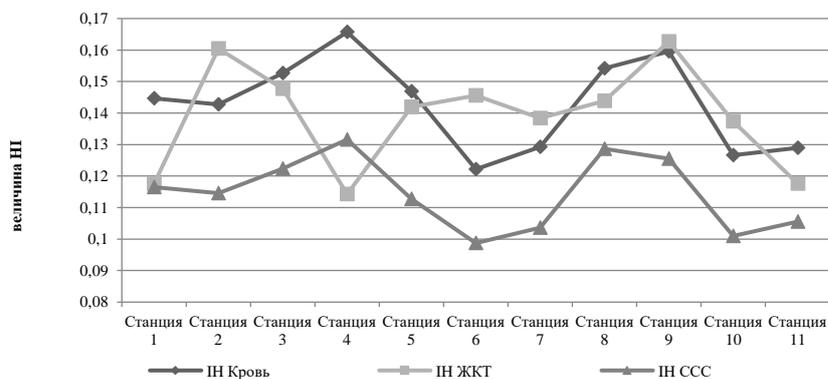
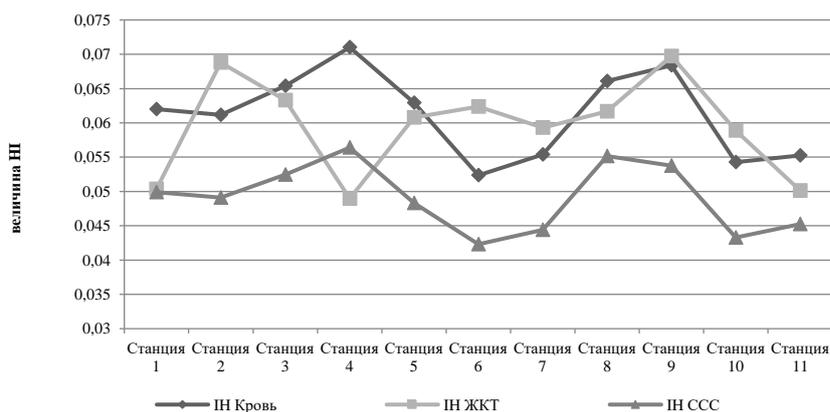


Рис. 3. Распределение средней суточной дозы химических токсикантов по станциям наблюдения, при пероральном поступлении для (а) взрослого и (б) детского населения



а)



б)

Рис. 4. Распределение индекса опасности (ИИ) по станциям наблюдения с учетом значимых «органов/систем мишеней» для взрослого (а) и детского населения (б)

нагрузку, являются хлориды, сульфаты, взвешенные вещества и кальций, максимальная средняя доза которых для взрослого населения составляет — 0,493; 0,518; 0,274 и 1,427 мг/(кг • день), для детского — 1,151; 1,208; 0,639 и 3,331 мг/(кг • день) соответственно.

Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов для веществ с однонаправленным токсическим действием выполнена на основе расчета коэффициента (НҚ) и индекса опасности (ИИ) (рис. 4, а, б).

Приоритетными критическими органами/ системами при воздействии химических токсикантов, загрязняющих воду р. Которосль, с учетом направленности действия являются: 1) кровь — влияние на кроветворную систему и показатели периферической крови (цинк, железо, нитраты, нитриты, свинец); 2) желудочно-кишечный тракт, кроме печени (аммиак, медь, цинк, фенол); 3) сердечно-сосудистая система (нитраты, нитриты, свинец). При этом распределение индекса опасности (ИИ) на протяжении всего водоема не рав-

номерно. Максимальные значения ИИ для крови как взрослого, так и детского населения, наблюдаются в районе станций №№ 4, 8, 9, географическое расположение данных рецепторных точек определяется следующим образом:

№ 4 — центр г. Ярославля, № 8 — п. Красные Ткачи, № 9 — д. Веденье. Значения ИИ для взрослого населения составляют 0,071; 0,066 и 0,068 соответственно, для детского — 0,165; 0,154 и 0,159 соответственно. Максимальное значение ИИ для желудочно-кишечного тракта отмечено в рецепторах в районе станций наблюдения №№ 2 и 9, что географически соответствует устью р. Которосль — станция № 2, и д. Веденье — станция № 9. Значения ИИ для взрослого населения составляют — 0,068 и 0,07 соответственно, для детского — 0,160 и 0,163 соответственно. Для сердечно-сосудистой системы максимальные значения ИИ характерны для станций №№ 4,

8, 9. Географическое расположение данных рецепторных точек определяется следующим образом: № 4 — центр г. Ярославля, № 8 — п. Красные Ткачи, № 9 — д. Веденье. Значения ИИ для взрослого населения составляют — 0,052; 0,055 и 0,054 соответственно, для детского — 0,131; 0,129 и 0,125 соответственно. Следует отметить, что все полученные значения ИИ не превышают приемлемого уровня риска.

Результаты иерархической кластеризации станций наблюдения за поверхностными водами р. Которосль показывают выделение трех кластеров по группе показателей экспозиционной нагрузки (рис. 5—7). Выделение кластеров осуществлялось на основании величины порога межкластерных расстояний. Для данной модели у порога 8,46 единиц выделено два кластера (второй и третий Кластеры) с наименьшей дисперсией межкластерного расстояния, у порога 11 единиц — один кластер (первый кластер). Как видно из рис. 5 к первому кластеру относятся 6 и 11 станции (географическое положение 6 станции — на правом берегу реки около п. Ка-

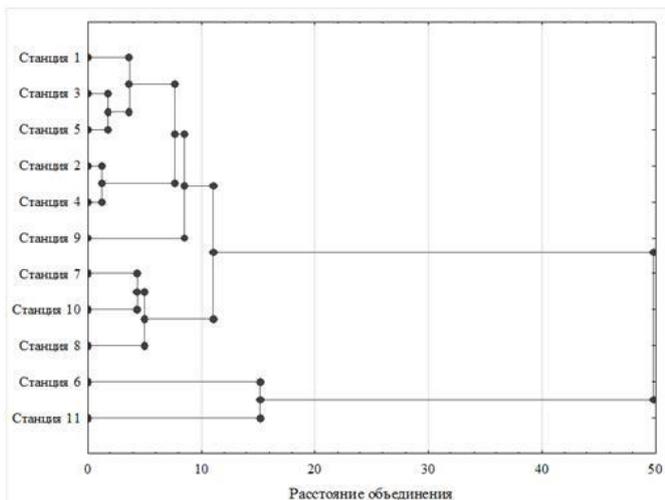


Рис. 5 Иерархическая кластеризация станций наблюдения качества поверхностной воды р. Которосль (рецепторных точек) по уровням экспозиционной нагрузки на население

рачиха, 11 станции — п. Белогостицы), ко второму кластеру — 1, 2, 3, 4, 5 и 9 станции (географическое положение 1, 2 станций — устье реки, 3, 4, 5 станций — центр г. Ярославля, 9 станции — д. Веденье), к третьему — 7, 8, 10 станции (географическое положение 7 станции — п. Карачиха, 8 станции — п. Красные Ткачи, 10 станции — г. Гаврилов-Ям).

Для определяющих переменных для каждого кластера рис. 6 иллюстрирует взаимное расположение стандартизированных средних величин переменных (уровней экспозиции) для

трех кластеров. Результаты исследования позволили выделить значимые (определяющие) химические токсиканты поверхностной воды р. Которосль, которые характеризуют тот или иной кластер. В данной ситуации определяющее значение имеют хлориды, сульфаты, кальций, взвешенные вещества. Средние значения доз по хлоридам в большей степени характерны для первого и второго кластеров, и несколько ниже для третьего. Сульфаты играют определяющую роль в формировании первого кластера и одинаково характеризуют второй и третий.

Среднее значение доз по кальцию в большей степени харак-

терно для второго и третьего кластеров и несколько ниже для первого. Взвешенные вещества являются значительным показателем в формировании всех трех кластеров. Остальные показатели экспозиционной нагрузки не имеют определяющего значения в формировании кластеров.

Такой характер экспозиционной нагрузки и формирование кластеров на участках р. Которосль предположительно может быть связан с рядом факторов, среди которых открытые ливневые канализации, сбросы сточных вод без очистки или с недостаточной очисткой, сбросы ливневых сточных вод с загрязненных территорий (сельхозугодия и т.д.). Географический анализ распределения кластеров (рис. 7) на исследуемой территории позволит осуществить водоохранное районирование с целью обоснования водоохранных мер и оценки эффективности управленческих решений.

Выполненные исследования позволили рассмотреть новые возможности и подходы водохозяйственного планирования, где включение в управленческую работу инструментария оценки риска здоровью населения позволило пересмотреть прошлые приоритеты, выявить скрытые угрозы и в целом показало возможность значительного усиления водоохранной деятельности.

В ходе исследований был обозначен круг приоритетных токсикантов, (определены вероятные критические эффекты на здоровье насе-

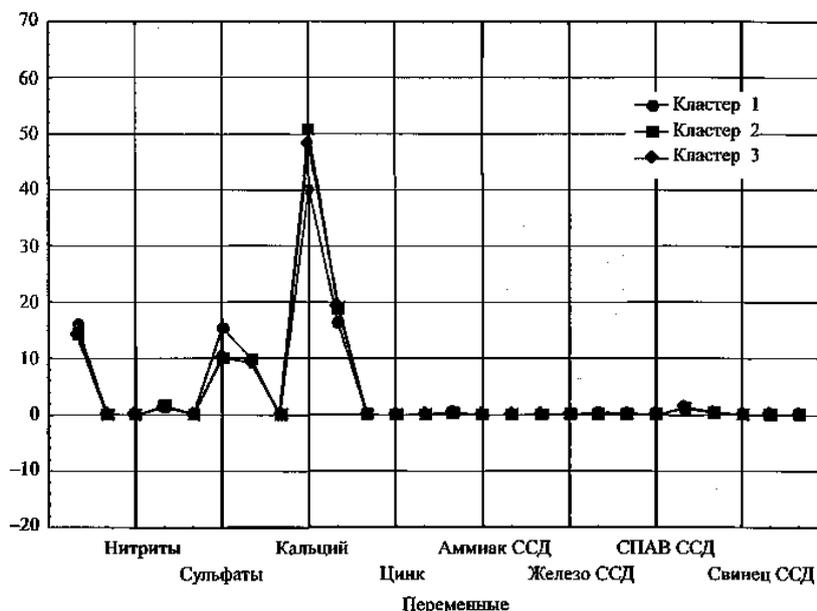


Рис. 6. Характеристика кластеров станций наблюдения качества поверхностной воды р. Которосль (рецепторных точек)

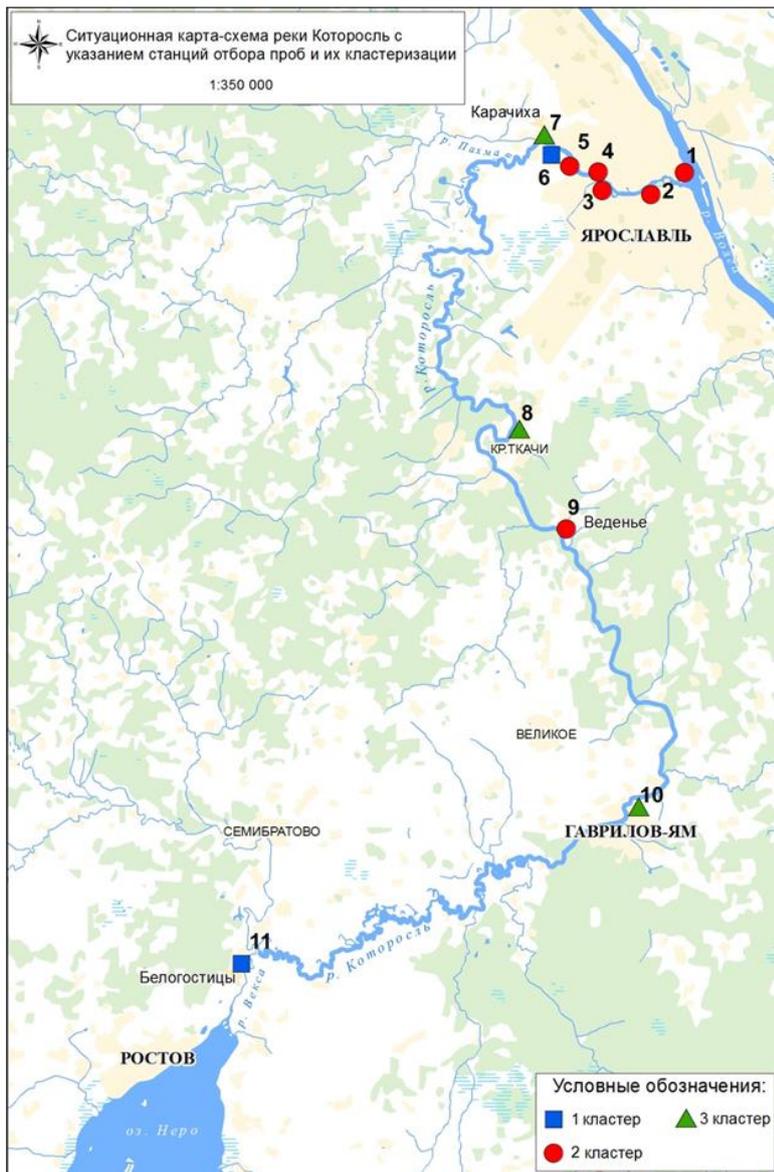


Рис. 7 Ситуационная карта-схема расположения кластеров станций наблюдения качества поверхностной воды р Которосль (рецепторных точек)

ления при воздействии загрязненных поверхностных вод), что, безусловно, важно при проработке вопросов минимизации рисков воздействия. Ключевыми загрязнителями являются хлориды, сульфаты, взвешенные вещества и кальций, это позволяет определить возможные источники загрязнений. В качестве источника хлоридов можно предположить многочисленное

Библиографический список

1. Доклад Организации Объединенных Наций о состоянии водных ресурсов мира за 2016 г. «Водные ресурсы и рабочие места»: рабочее резюме / Бюро по программам для оценки глобальных водных ресурсов, Отдел наук о воде, ЮНЕСКО. — URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244040r.pdf>.
2. Фоменко Г. А. Особенности системного подхода к природоохранному проектированию при ориентации на устойчивое развитие [Электронный ресурс] // Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление: электронное научное издание. — 2015. — Т. 11, № 4 (29). — TJRL: www.gypravlenie.ru.
3. Эльпинер Л. И. Медико-экологические подходы к интегральному управлению водными ресурсами // Гигиена и санитария. — 2012. — № 5. — С. 15—18.

несанкционированное складирование снега, богатого антигололедными реагентами, существует достаточно большая вероятность загрязнения воды сульфатами за счет загрязненных минеральными удобрениями ливневых сточных вод сельскохозяйственных угодий, взвешенные вещества являются традиционным компонентом открытых ливневых канализаций, а кальций, вероятно, поступает со сбросами сточных вод территорий захоронений, не обустроенных очистными сооружениями. Немаловажную роль в загрязнении поверхностных вод играют сточные воды промышленных предприятий.

Выполненные исследования показали, что включение в водохозяйственное планирование инструментария оценки рисков здоровью населения позволяет получить научнообоснованную количественную оценку безопасности водопользования, ранжировать проблемные зоны в сфере обеспечения бытового водоснабжения и оценить приоритетность мероприятий, направленных на снижение рисков здоровью от загрязнения питьевой воды. Показатели оценки риска здоровью населения также могут использоваться в качестве рискологических индикаторов при разработке документов водохозяйственного планирования. Их системное применение позволяет оптимизировать экономические затраты на водоохранные мероприятия, выделить

те объекты инвестиций, которые в наибольшей степени снижают риски здоровью от загрязнения поверхностных вод. Тем самым методология оценки риска здоровью от загрязнения окружающей среды становится значимым элементом повышения эффективности системы управления качеством воды поверхностных источников.

4. Шаповалов А. Е. Медико-географическая оценка влияния загрязнения питьевых подземных вод на здоровье населения на примере Смоленской области: автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 2008. — 28 с.
5. Оценка качества волжской воды на территории Ярославской области по данным экспедиционного обследования в 1999 году / В. И. Лукьяненко, Л. К. Меркулова, А. К. Бехтер [и др.] // Актуальные проблемы экологии Ярославской области: материалы II научно-практической конференции. Т. II. — Ярославль: Издание ВВО РЭА, 2002. — С. 51—56.
6. Фоменко Г. А., Фоменко М. А. Особенности сельского водоснабжения в Ярославской области в современных условиях // Изв. РАН. Сер. географ. — 1999. — № 2.
7. Лощадкин К. А. Водоснабжение сельского населения в условиях трансформации геоэкономического пространства. — Ярославль: НПП «Кадастр», 2001. — 164 с.
8. Ахременко А. И., Кашенков Ю. С., Бородкин А. Е. Риск-ориентированный подход оценки качества воды малых рек как перспективное направление устойчивого развития урбанизированных территорий (на примере реки Которосль г. Ярославля) [Электронный ресурс] // Устойчивое развитие: наука и практика: международный электронный журнал. — 2015. — № 2 (15). — URL: www.yrazvitie.ru.
9. Ерастова Н. В. Гигиеническое обоснование метода интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности: диссерт. ... канд. мед. наук: 14.02.01. — СПб., 2014. — 143 с.
10. Будапештский водный саммит: Роль водоснабжения и санитарии в мировой повестке дня по устойчивому развитию (8-11 октября 2013 г.): Бюллетень Будапештского водного саммита. — URL: http://www.cawater-info.net/int_org/www/pdf/budapest_water_summit_report_ru.pdf.
11. Progress on sanitation and drinking-water — 2014 update / World Health Organization, UNICEF. — URL: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112727/1/9789241507240_eng.pdf.

THE USE OF THE TOOLS FOR ASSESSING THE PUBLIC HEALTH RISKS IN WATER MANAGEMENT PLANNING: A CASE STUDY OF THE KOTOROSL RIVER BASIN

G. A. Fomenko, PhD (Geography), Dr. Habil, Chairman of the Board,

A. E. Borodkin, Head of the Risk Assessment Center for health,

L. K. Merkulova, Department Head of Risk Characteristics,

ANO Scientific and Research Design Institute "Cadastre", info@nipik.ru;

E. A. Pavlova, Engineer, "Scientific and Production Enterprise "Cadastre", info@nppkad.ru

References

1. [Report of the United Nations World Water Development for 2016 "Water resources and jobs": executive summary]. *Office program for the evaluation of global water resources, the Division of Water Sciences, UNESCO*. URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244040r.pdf>.
2. Fomenko G. A. Osobennosti sistemnogo podkhoda k prirodookhrannomu proektirovaniyu pri orientacii na ustoychivoe razvitie [Elektronnyy resurs] *Ustoychivoe innovacionnoe razvitie: proektirovanie i upravlenie: elektronnoe nauchnoe izdanie*. [Features of the system approach to environmental design in the orientation on sustainable development [electronic resource]]. *Sustainable innovation development: the design and management: electronic scientific edition*. 2015. Vol. 11. No. 4 (29). URL: www.rypravlenie.ru (in Russian).
3. Elpiner L. I. Mediko-ekologicheskie podkhody k integralnomu upravleniyu vodnymi resursami *Gigiena i sanitariya*. [Medical and ecological approaches to the integrated management of water resources]. *Hygiene and sanitation*. 2012. No. 5. P. 15—18 (in Russian).
4. Shapovalov A. E. Mediko-geograficheskaya ocenka vliyaniya zagryazneniya pitevykh podzemnykh vod na zdorove naseleniya na primere Smolenskoj oblasti: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. [Medical-geographical assessment of the impact of pollution of underground drinking water on human health in the case study of the Smolensk Region]. *Thesis abstracts for PhD (Medicine)*. Moscow, 2008. — 28 p. (in Russian).
5. Ocenka kachestva volzhskoy vody na territorii Yaroslavskoy oblasti po dannym ekspeditsionnogo obsledovaniya v 1999 godu Aktualnye problemy ekologii Yaroslavskoy oblasti: materialy II nauchno-prakticheskoy konferencii. Т. II. [Evaluation of the quality of the water of the Volga in the Yaroslavl Region according to the data of the 1999 expedition survey] / V. I. Lukyanenko, L. K. Merkulova, A. K. Bekhter, et al.. *Current problems of ecology of the Yaroslavl Region: Proc. of the second scientific-practical conference*. Vol. II. Yaroslavl. BBO CEA, 2002. P. 51—56 (in Russian).
6. Fomenko G. A., Fomenko M. A. Osobennosti selskogo vodosnabzheniya v Yaroslavskoy oblasti v sovremennykh usloviyakh // Izv. RAN. Ser. geogr. [Features of rural water supply in the Yaroslavl Region in the modern conditions] *Proc. of the Russian Academy of Sciences. Ser. geogr.* 1999. No. 2 (in Russian).
7. Loshadkin K. A. Vodospabzhenie selskogo naseleniya v usloviyakh transformacii geoeconomicheskogo prostranstva. [Water supply of the rural population in the conditions of the transformation of the economic space]. Yaroslavl: NPP "Cadastre", 2001. 164 p. (in Russian).
8. Akhremenko A. I., Kashenkov Y. S., Borodkin A. E. Risk-orientirovanny podkhod ocenki kachestva vody malykh rek, kak perspektivnoe napravlenie ustoychivogo razvitiya urbanizirovannykh territoriy (na primere reki Kotorosl g. Yaroslavl). [Elektronnyy resurs] // Ustoychivoe razvitie: nauka i praktika: mezhdunarodnyy elektronnyy zhurnal. [The risk-oriented approach to the assessment of small rivers as a perspective trend of sustainable development of urban areas (in the case study of the River Kotorosl in Yaroslavl) [Electronic resource]] // *Sustainable development: science and practice: an international electronic Journal*. 2015. No. 2 (15). — URL: www.yrazvitie.ru (in Russian).
9. Erastova N. V. Gigienicheskoe obosnovanie metoda integralnoy ocenki pitevoy vody po pokazatelyam khimicheskoy bezvrednosti: dissert.... kand. med. nauk: 14.02.01. [Hygienic substantiation of the method of integral evaluation of drinking water in terms of chemical safety] *Thesis abstracts for PhD (Medicine)* 14.02.01. Moscow, 2014. 23 p. (in Russian).
10. Budapest Water Summit: Role of water and sanitation in the world's agenda for sustainable development 8—11 October 2013.: *Bulletin of the Budapest Water Summit*. — URL: http://www.cawater-info.net/int_org/www/pdf/budapest_water_summit_report_ru.pdf.
11. Progress on sanitation and drinking-water 2014 update / World Health Organization, UNICEF. — URL: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112727/1/9789241507240_eng.pdf.