

УДК 628.3

И. В. Войтов¹, С. В. Сушко²

¹Белорусский государственный технологический университет

²РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов»

ПРОГРАММЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МАЛЫХ РЕК – ПЕРСПЕКТИВА ИХ «ВТОРОЙ ЖИЗНИ»

Восстановление малых водотоков требует, прежде всего, оценки и анализа комплекса факторов, оказывающих воздействие на водоток в пределах его водосборного бассейна и определяющих изменение качественных и количественных характеристик водной экосистемы.

Методология восстановления (сохранения) малых водотоков основывается на определении наиболее значимых видов и уровня антропогенного воздействия на водоток и его водосбор с постепенным (плановым) снижением этого воздействия.

Любой проект по восстановлению водотока включает широкий комплекс различных мероприятий: инженерных, санитарно-гигиенических, ландшафтных, биотехнологических и др., направленных на оптимизацию гидрологического режима, улучшение гидрохимических и гидробиологических характеристик водотока как единой водной экосистемы.

Оценка экологического состояния малых водотоков Республики Беларусь в пределах крупных населенных пунктов может проводиться на основе Унифицированной программы восстановления малых водотоков в черте крупных населенных пунктов, разработанной РУП «ЦНИИКИВР».

В Программах восстановления устанавливаются основные прогнозные показатели по улучшению качества малых водотоков, намечается комплекс мероприятий организационного, технического, экономического и правового характера для их достижения.

Ключевые слова: антропогенная нагрузка, водоток малый, восстановление водотока, программа восстановления.

I. V. Voitau¹, S. V. Sushko²

¹Belarusian State Technological University

²RUE “Central Research Institute for Complex Use of Water Resources”

THE PROGRAMS OF THE RESTORATION OF SMALL RIVERS – THE PERSPECTIVE OF THEIR “SECOND LIFE”

The restoration of small watercourses requires, first of all, the assessment and analysis of a complex of factors that affect the watercourse within its catchment area, and determine the change in the qualitative and quantitative characteristics of the aquatic ecosystem.

The methodology for restoring (preserving) small watercourses is based on the determination of the most significant species and the level of anthropogenic impact on the watercourse and its catchment with a gradual (planned) decrease in this impact.

Any project to restore the watercourse includes a wide range of various activities: engineering, sanitary and hygienic, landscape and biotechnological, etc., aimed at optimizing the hydrological regime, improving the hydrochemical and hydrobiological characteristics of the watercourse as a single aquatic ecosystem.

The assessment of the ecological status of small watercourses of the Republic of Belarus within the boundaries of large settlements can be carried out on the basis of the Unified program for the rehabilitation of small watercourses within the boundaries of large settlements, developed by RUE “TsNIIKIVR”.

The restoration programs establish the main forecast indicators for improving the quality of small watercourses, and a set of organizational, technical, economic and legal measures are planned to achieve them.

Key words: anthropogenic pressure, small watercourse, watercourse restoration, recovery program.

Введение. Улучшение экологического состояния малых водотоков в черте крупных населенных пунктов Республики Беларусь является актуальной проблемой, поскольку большая часть из них испытывает высокую антропогенную нагрузку с одновременным воздействием на различные характеристики водотока (расход, скорость течения, морфология русла, качество воды). Следовательно, наибольшее внимание должно быть уделено водохозяйственной деятельности, направленной на снижение и предотвращение отрицательного воздействия на водные ресурсы, на сохранение, улучшение и рациональное использование водно-ресурсного потенциала бассейна малого водотока.

Специалистами РУП «ЦНИИКИВР» в период выполнения задания по подготовке мероприятий программ восстановления малых водотоков в пределах населенных пунктов Республики Беларусь определен перечень малых водотоков (34 водотока), расположенных в черте крупных населенных пунктов Республики Беларусь (численность населения 100 тыс. чел. и более), проведен анализ условий водопользования в бассейнах таких водотоков (12 населенных пунктов), уточнено количество, местоположение и ведомственная принадлежность выпусков сточных вод в водотоки, наличие очистных сооружений на выпусках сточных вод в водотоки [1].

Основополагающим при выборе малых водотоков для проведения исследования являлся размер населенного пункта и его расположение в пределах водосбора малого водотока, и для оценки их состояния были положены следующие критерии:

- длина малого водотока;
- площадь водосбора малого водотока, в том числе в пределах населенного пункта;
- величина (размер) населенного пункта (по численности населения);
- динамика развития населенного пункта с учетом прироста численности населения;
- интенсивность водопользования на водотоке в пределах населенного пункта (наличие предприятий-водопользователей, объемы водопотребления и водоотведения).

Восстановление водотока в данном случае следует понимать как возврат и/или поддержание его естественной функции и природного потенциала. Очевидно, что естественное состояние малого водотока несовместимо с регулированием природного режима его стока, изъятием речной воды и сбросом сточных вод в водоток, поэтому использование термина «восстановление водотока» не подразумевает его регулирование и возврат в естественное природное состояние. Под восстановлением

водотока имеется в виду разработка и проведение комплекса взаимоувязанных мероприятий, реализация которых позволит максимально восстановить естественные параметры русла водотока или его участков, а также обеспечить близкие к естественному (природному фоновому) состоянию гидрохимический и гидробиологический режимы водотока [2].

При этом необходимо также решить ряд вопросов экологического характера для дальнейшего поддержания водотока в состоянии, близком к естественному: обеспечение систематического мониторинга за гидрологическими, гидрохимическими и гидробиологическими характеристиками водотока, ограничение водопользования на малом водотоке и контроль за его соблюдением, организация и комплексное благоустройство водоохраных зон и прилегающих территорий в бассейне малого водотока в пределах населенного пункта.

Реализация этих задач может быть предусмотрена специальным проектом комплексного восстановления природной экосистемы реки с учетом ее дальнейшего сохранения и использования. Этот проект должен быть составным элементом дальнейшей поэтапной многолетней программы восстановления всех малых рек в пределах населенных пунктов республики. Восстановление малых рек должно носить комплексный характер и охватывать всю экосистему реки, прилегающей к ней территории водосборной площади, в первую очередь, водоохранную зону вдоль берегов.

В статье описывается универсальный подход к восстановлению малых водотоков, в основу которого положен бассейновый принцип, при котором бассейн малого водотока рассматривается как единый водно-экологический и водохозяйственный комплекс.

Сформировав комплексную оценку экологического состояния водотоков, определенных как наиболее подверженные антропогенному воздействию и находящиеся в плохом состоянии по статусу, и предложив вместе с расчетами экономической целесообразности прогноз дальнейшего существования водотоков, разработана Унифицированная программа восстановления малых водотоков в пределах крупных населенных пунктов [3].

Кроме того, проведенные исследования по возможности и эффективности восстановления малых водотоков в черте крупных населенных пунктов позволили также выявить ряд проблем как законодательного, так и научно-методического характера в области сохранения и восстановления малых водотоков.

Следует отметить, что в отличие от национального законодательства в российской и

международной практике используется более широкий круг терминов, касающихся использования и охраны малых водотоков («истощение», «реабилитация», «реконструкция», «реставрация»), позволяющих дифференцированно рассматривать проблему как с точки зрения улучшения качества воды водотока, так и с позиций инженерного обустройства водотока, направленных на улучшение их экологического состояния по совокупности гидрологических, гидрохимических и гидробиологических характеристик и рекреационного потенциала, обеспечивающих надлежащий уровень социальной привлекательности территории для населения.

Основная часть. Проблема восстановления малых водотоков в пределах населенных пунктов многофакторная, предлагается ее решать одновременно с реализацией усилий по двум направлениям: за счет снижения поступления различного рода загрязнений в водоток и грамотного ландшафтно-экологического обустройства водотока и водосбора [4].

Разработанная методология восстановления (сохранения) малого водотока основывается на оценке его современного экологического состояния (по совокупности гидрологических параметров и уровню преобразования русловой сети, гидрохимическим и гидробиологическим параметрам), определении наиболее значимых видов и уровней их антропогенной нагрузки на водоток и определении уровня его рекреационной значимости для населенного пункта.

Оценка экологического состояния малых водотоков Республики Беларусь в пределах крупных населенных пунктов проводится на основе Унифицированной программы восстановления малых водотоков в черте крупных населенных пунктов (далее – Программа восстановления), разработанной РУП «ЦНИИКИВР» [5].

Программа восстановления малых водотоков в пределах крупных населенных пунктов может охватывать два блока:

1) комплексная оценка уровня антропогенной нагрузки на малый водоток, включая:

– оценку гидрологических параметров и уровня преобразования русловой сети водотока;

– оценку гидрохимических и гидробиологических параметров состояния водотока;

– оценку уровня антропогенной нагрузки на малые водотоки исходя из условий водопользования;

2) разработка водохозяйственных мероприятий, направленных на сохранение и восстановление малых водотоков в черте крупных населенных пунктов.

В Программе восстановления установлены основные прогнозные показатели по улучше-

нию качества водотоков, намечен комплекс мероприятий организационного, технического, экономического и правового характера для их достижения [5].

Гидрографические и гидрологические параметры малого водотока являются определяющими для его дальнейшего экологического функционирования.

Неконтролируемое с экологической точки зрения изъятие воды из водотока, задержание стока в водохранилищах и прудах без достаточных попусков в нижний бьеф приводят к нарушению естественного режима речного стока, что, в свою очередь, ведет к снижению скорости водотока и, как следствие, заилению и зарастанию русла. При минимальных расходах воды в водотоке, наблюдаемых в естественных условиях, сохраняется экологическое равновесие, вследствие чего уменьшение расходов в реках меньше минимально наблюдаемых недопустимо. Для сохранения условий существования водных организмов с одновременным сохранением необходимого качества воды в водотоке следует обеспечивать минимальный (экологический) сток, т. е. минимальный объем воды, который должен оставаться в водотоке в маловодные периоды года, когда водоток питается в основном лишь подземными водами. В этом случае водоток с высокой долей вероятности остается элементом городского ландшафта [6].

При определении расчетных гидрологических характеристик водотока (в зависимости от наличия гидрометрической информации) используются следующие подходы в расчетах:

– при наличии данных наблюдений – непосредственно по этим данным;

– при недостаточности данных гидрометрических наблюдений – путем приведения данных к многолетнему периоду по данным рек-аналогов;

– при отсутствии данных гидрометрических наблюдений – по расчетным формулам, с применением данных рек-аналогов [7].

В зависимости от наличия гидрометрической информации и в соответствии с действующими техническими нормативными актами проводятся расчеты следующих гидрологических показателей:

1) годовой расход воды водотока расчетной обеспеченности;

2) внутригодовое распределение стока водотока расчетной обеспеченности;

3) минимальные 30-суточные (среднемесячные) расходы воды водотока расчетной обеспеченности (за летне-осенний период и за зимний период).

Поскольку уменьшение расходов в водотоке меньше минимальных расчетных расходов

недопустимо, необходимо оценить коэффициент минимального допустимого стока – соотношение минимального среднемесячного расхода воды к расходу воды при внутригодовом распределении стока за соответствующий период (за летне-осенний или зимний период).

Чем выше расход воды в водотоке по отношению к минимальному расчетному среднемесячному расходу, тем более устойчивым в экологическом плане будет водоток, следовательно, и протекание процессов самоочищения водотока будет более высоким.

Важнейшим показателем антропогенного изменения гидрологических параметров является непосредственное воздействие на сток водотока (его величину и распределение в году) путем его зарегулированности водохранилищами и прудами. При создании водохранилищ и русловых прудов меняется естественный режим водотока: в период избытка воды происходит ее накопление в водохранилище или пруде, в период недостатка – использование на различные нужды. При такой зарегулированности стока в черте населенных пунктов его общий объем сокращается за счет увеличения испарения с водной поверхности, часть воды из водохранилищ и прудов, как правило, дополнительно используется на водоснабжение, полив городских территорий, уменьшается подземное питание водотока.

Одним из важных гидроморфологических показателей малых водотоков является их способность длительное время сохранять форму русла и размеры поперечного сечения неизменными [8, 9].

Главным показателем устойчивости русел малых водотоков по отношению к заилению является их относительная транспортирующая способность – отношение транспортирующей способности водотока к стоку наносов, поступающему в водоток с водосбора [10].

В зависимости от рассчитанных значений гидрологических параметров, уровня преобразования русловой сети и устойчивости русла гидрологическое состояние водотока может подразделяться на пять уровней.

Гидрохимическое состояние малого водотока формируется в результате взаимодействия множества природных и антропогенных составляющих. К природным процессам можно отнести: гидрологические процессы, внутриводоемные естественные биохимические процессы, приточность с водосбора, естественный вынос веществ в водоток с территории водосбора с осадками и поверхностным смывом и др.

Для малых водотоков, расположенных в пределах населенных пунктов, определяющим фактором при формировании гидрохимическо-

го режима водотока будет являться антропогенная составляющая. Наиболее точным методом оценки глубины антропогенного воздействия на малый водоток явилось бы сравнение существующего гидрохимического состояния с фоновым, т. е. с гидрохимическим состоянием водотока до периода его интенсивного использования. Такой вариант оценки возможен только при условии проведения многолетних наблюдений за гидрохимическим состоянием водотока в черте населенного пункта на стационарной сети гидрохимического мониторинга. Однако для большинства малых водотоков, расположенных в пределах крупных населенных пунктов, такая возможность отсутствует. Из 34 малых водотоков, расположенных в пределах крупных населенных пунктов, створы гидрохимических наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды есть только на 6 водотоках, а створы сети гидробиологических наблюдений – на 5 водотоках [11].

В настоящее время для оценки качества воды водотоков по гидрохимическим показателям используются следующие критерии:

– предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде поверхностных водных объектов;

– показатели экологической безопасности в области охраны вод.

В системе гидробиологического мониторинга фактически для всех сообществ определяются такие показатели, как таксономический состав, включая виды-индикаторы, численность и биомасса сообществ, доминирующих групп и массовых видов гидробионтов. Оценка состояния водных экосистем производится с помощью методов биоиндикации, основанных на изучении структуры гидробиоценозов и их отдельных компонентов [12, 13].

Для биоиндикации поверхностных вод с помощью планктонных сообществ и водорослей обрастания используется метод сапробиологического анализа Пантле и Букка в модификации Сладечека. Оценка качества среды посредством анализа донных сообществ производится с использованием общепринятых методов биотических индексов (по видовому разнообразию и показательным значениям таксонов) и Гуднайта – Уитлея (по относительной численности олигохет).

Общая оценка класса качества поверхностных вод и донных отложений в каждом конкретном случае дается по совокупности гидробиологических показателей с учетом экологических особенностей водных гидробиоценозов.

Водный кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. предусматривает оценку экологического состояния поверхностных водных

объектов (их участков) по совокупности гидрохимических, гидробиологических и гидроморфологических показателей.

Для реализации такого подхода разработан и утвержден ряд технических нормативных правовых актов, позволяющих оценить гидробиологический и гидрохимический статус речных экосистем. При этом определение гидрохимического и гидробиологического статусов речной экосистемы осуществляется для участка водотока в пункте наблюдений.

Рассматривая водопользование по характеру воздействия на малые водотоки, можно классифицировать его следующим образом:

1) водопользование с воздействием на количественные характеристики малого водотока включает водопользование, оказывающее воздействие на объем речного стока. Мерой оценки воздействия может рассматриваться безвозвратное водопотребление для малого водотока (его участка), определяемое как разность между объемом воды, забираемой для использования в пределах рассматриваемого водотока (участка водотока), и объемом сточных и других вод, сбрасываемых в водоток (участок водотока) за рассматриваемый период времени;

2) водопользование с воздействием на качество воды малого водотока включает водопользование, оказывающее воздействие на общезычисленные, химические, биологические, микробиологические или радиационные показатели качества поверхностных вод. Мерой оценки воздействия для водотока (участка водотока) может рассматриваться изменение соответствующих показателей во входном и замыкающем створах данного участка за рассматриваемый период времени;

3) водопользование с одновременным воздействием на количественные и качественные характеристики малого водотока включает водопользование, оказывающее воздействие на объем речного стока и на общезычисленные, химические и биологические показатели качества воды малого водотока;

4) водопользование без воздействия на количественные и качественные характеристики малого водотока включает водопользование, не оказывающее воздействие на объем речного стока и на общезычисленные, химические и биологические показатели качества воды малого водотока.

По степени воздействия видов водопользования на малые водотоки их можно оценить по следующим критериям с определением уровня интенсивности использования водотока:

– определение количественного и качественного состава загрязняющих веществ, отводимых водопользователем в водоток;

– определение максимальной кратности превышения значений фактической средней концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых водопользователем, по отношению к значениям предельно допустимой концентрации (ПДК) соответствующих загрязняющих веществ в воде поверхностных водных объектов, определяемым согласно постановлению Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [11];

– определение размещения водопользователя в водоохранной зоне водного объекта.

Что касается разработки водохозяйственных мероприятий, направленных на сохранение и восстановление малых водотоков в пределах крупных населенных пунктов, то учитывая тот факт, что основной причиной нарушения экологического состояния малых водотоков в черте крупных населенных пунктов является антропогенное влияние на водосборную территорию, водный сток, его годовое распределение и качественный состав водотока, конкретный состав комплекса мероприятий, направленных на сохранение и восстановление малого водотока, следует формировать индивидуально для каждого малого водотока, исходя из конкретных преобладающих факторов воздействия на водоток в пределах населенного пункта.

Методика восстановления (сохранения) малых водотоков должна основываться на определении наиболее значимых видов и уровней их антропогенного воздействия на водоток и постепенном (плановом) их снижении.

На основании изучения и анализа проводимых ранее исследований РУП «ЦНИИКИВР» по разработке и реализации программ восстановления и охраны водотоков в рамках разработанной Унифицированной программы восстановления малых водотоков в черте крупных населенных пунктов предлагается два блока мероприятий:

- 1) блок природосберегающих мероприятий;
- 2) блок природовосстанавливающих мероприятий.

В каждом блоке мероприятий сформирован перечень типовых мероприятий, направленных на решение экологических проблем в бассейне малого водотока, объединенных в четыре группы.

Блок природосберегающих мероприятий включает следующие группы мероприятий:

- природоохранные мероприятия на водосборе и на водотоке;
- ограничительные мероприятия на водосборе и на водотоке.

Блок природовосстанавливающих мероприятий включает следующие группы мероприятий:

- 1) восстановительные мероприятия на водосборе и на водотоке;

2) защитные мероприятия на водосборе и на водотоке.

Каждая группа содержит состав типовых мероприятий (институциональных, инженерно-технических, социальных, экономических и др.), ориентированных на сохранение или поэтапное восстановление малого водотока.

Разработка конкретного состава мероприятий по сохранению и восстановлению малых водотоков в черте крупных населенных пунктов базируется на балльной системе оценки конкретного водотока:

- определение уровня преобразования речевой сети водотока;
- оценка гидрохимического и гидробиологического статуса водотока;
- определение интенсивности использования водотока.

Однако конкретный состав мероприятий и последовательность их выполнения необходимо намечать в зависимости от результатов комплексной оценки уровня антропогенной нагрузки на конкретный малый водоток.

Заключение. Малые водотоки (ручьи и реки длиной до 100 км) наиболее тесно связаны с ландшафтом водосбора и быстро реагируют на изменения, происходящие в его пределах. Особенно быстро эти изменения наблюдаются на территориях населенных пунктов, где антропогенная деятельность наиболее интенсивна по своим масштабам, поскольку малые реки активно вовлечены в хозяйственную деятельность в пределах городов. При этом воздействие на водоток осуществляется сразу по нескольким направлениям: интенсивное использование водных ресурсов на различные цели, регулирование стока гидротехническими сооружениями, сброс сточных вод, объем которых зачастую превышает естественный речной сток, заключение русла реки в коллектор [12, 13].

Экологическое состояние малых водотоков в ряде населенных пунктов является неудовлетворительным, состояние прибрежных

полос не соответствует действующим экологическим и градостроительным требованиям. В наиболее неблагоприятном экологическом состоянии находятся малые водотоки, полностью или частично заключенные в коллекторы и утратившие природную самоочищающую способность.

В то же время малые водотоки вместе с прилегающими территориями имеют высокое экологическое, градостроительное и рекреационное значение для населенных пунктов. Поэтому задачи сохранения и восстановления малых водотоков необходимо решать в комплексе с мероприятиями по благоустройству водоохраных зон и прибрежных полос, состояние которых сказывается на экологическом состоянии самих водных объектов.

Что же ожидается от реализации Программ восстановления? Прежде всего, снижение антропогенной нагрузки на малые водотоки в черте крупных населенных пунктов, повышение качества очистки сбрасываемых сточных вод, улучшение защиты подземных и поверхностных вод от загрязнения, улучшение системы учета и контроля использования вод, достижение установленных целевых показателей и, в конечном итоге, улучшение экологического состояния малых водотоков.

Предотвращение ухудшения режима хозяйственной деятельности в водоохраных зонах водотоков возможно за счет привлечения к административной ответственности ряда предприятий-водопользователей, нарушивших природоохранное законодательство, а также проведения мероприятий по устранению нарушений режима хозяйственной деятельности в водоохраных зонах водотоков.

Исполнителями Программ восстановления предполагаются местные исполнительные и распорядительные органы власти, территориальные органы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, предприятия, располагающиеся на водосборе малых рек.

Литература

1. Проведение экспедиционных обследований малых водотоков в пределах крупных населенных пунктов с оценкой их состояния и ранжированием по уровню антропогенной нагрузки: отчет о НИР / РУП «ЦНИИКИВР»; рук. С. А. Дубенок. Минск, 2016. 111 с. № ГР 20163204.
2. Малые реки и экологическое состояние территории / Н. И. Алексеевский [и др.] // Водные ресурсы. 2003. Т. 3, № 5. С. 586–595.
3. Определение и обоснование перечня малых водотоков в пределах крупных населенных пунктов для проведения исследований и оценки условий водопользования в их бассейнах: отчет о НИР / РУП «ЦНИИКИВР»; рук. С. А. Дубенок. Минск, 2016. 56 с. № ГР 20163204.
4. Новиков Ю. В., Ласточкина К. О., Болдина З. Н. Методы исследования качества воды водоемов. М.: Медицина, 1990. 400 с.
5. Оценить экологическое состояние малых водотоков в пределах крупных населенных пунктов Республики Беларусь и разработать мероприятия по их восстановлению на примере нескольких

малых водотоков: отчет о НИР / РУП «ЦНИИКИВР»; рук. С. А. Дубенок. Минск, 2017. 72 с. № ГР 20163204.

6. Гарэеў Ю. А., Цярэнцьеў У. І. Блакітны скарб Беларусі: рэкі, азёры, вадасховішчы // Навука. 2001. С. 480.

7. Замаараева В. С. Методика обоснования допустимых параметров сброса сточных вод для бассейнов малых рек: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2004. 133 л.

8. Сенатов А. С. Определение предельно-допустимой антропогенной нагрузки на водоток малой реки: дис. ... канд. техн. наук. М., 2005. 162 л.

9. Водные ресурсы, их использование и качество вод // Государственный водный кадастр. Минск: РУП «ЦНИИКИВР», 2015. С. 169.

10. Беркович К. М., Сидорчук А. Ю. Оценка устойчивости русел рек Европейской России и ее оценка в связи с антропогенными нагрузками на реки и их бассейны // Проблемы оценки экологической напряженности Европейской территории России: факторы, районирование, последствия. М., 1996. С. 77–87.

11. Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов: постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окр. среды Респ. Беларусь, 30 марта 2015 г., № 13 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2015. 8/29808.

12. Кондюрина Т. А. Прогноз качества воды и защита водозаборных сооружений на малых реках: дис. ... д-ра техн. наук. Новочеркасск, 2000. 245 л.

13. Сметанин В. И. Методы и технологии рекультивации и восстановления водных объектов: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2000. 240 л.

References

1. Dubenok S. A. *Provedeniye ekspeditsionnykh obsledovaniy malykh vodotokov v predelakh krupnykh naseleennykh punktov s otsenkoy ikh sostoyaniya i ranzhirovaniem po urovnyu antropogennoy nagruzki: otchet o NIR* [Conducting expeditionary surveys of small watercourses within large settlements with an assessment of their condition and ranking by the level of anthropogenic load]. Minsk, 2016. 111 p.

2. Alekseevskiy N. I., Grinevskiy S. O., Efremov P. V., Zaslavskaya M. B., Grigorieva I. L. Small rivers and ecological state of the territory. *Vodnyye resursy* [Water Resources], 2003, vol. 3, no. 5, pp. 586–595 (In Russian).

3. Dubenok S. A. *Opredeleniye i obosnovaniye perechnya malykh vodotokov v predelakh krupnykh naseleennykh punktov dlya provedeniya issledovaniy i otsenki usloviy vodopol'zovaniya v ikh basseynakh: otchet o NIR* [Definition and justification of the list of small watercourses within large settlements for conducting research and assessing the conditions of water use in their basins]. Minsk, 2016. 56 p.

4. Novikov Yu. V., Lastochkina K. O., Boldina Z. N. *Metody issledovaniya kachestva vody vodoemov* [Methods for studying the water quality of water bodies]. Moscow, Meditsina Publ., 1990. 400 p.

5. Dubenok S. A. *Otsenit' ekologicheskoye sostoyaniye malykh vodotokov v predelakh krupnykh naseleennykh punktov Respubliki Belarus' i razrabotat' meropriyatiya po ikh vosstanovleniyu na primere neskol'kikh malykh vodotokov: otchet o NIR* [Assess the ecological condition of watercourses within large settlements of the Republic of Belarus and develop measures for their restoration using the example of several small watercourses]. Minsk, 2017. 72 p.

6. Tareeu Yu. A., Tyarents'yeu U. I. Blue treasure Belarus: rivers, lakes, reservoirs. *Navuka* [Science], 2001, p. 480 (In Belarusian).

7. Zamaraeva V. S. *Metodika obosnovaniya dopustimyykh parametrov sbrosa stochnykh vod dlya basseynov malykh rek. Dis. kand. tekhn. nauk* [Methodology for justifying permissible parameters of wastewater discharge for small river basins. Cand. Dis.]. St. Petersburg, 2004. 133 p.

8. Senatov A. S. *Opredeleniye predel'no-dopustimoy antropogennoy nagruzki na vodotok maloy reki. Dis. kand. tekhn. nauk* [Determination of the maximum permissible anthropogenic load on the watercourse of a small river. Cand. Dis.]. Moscow, 2005. 162 p.

9. Water resources, their use and water quality. *Gosudarstvennyy vodnyy kadastr* [State Water Cadastre], 2015, p. 169 (In Russian).

10. Berkovich K. M., Sidorchuk A. Yu. Assessment of the sustainability of the river beds of European Russia and its assessment in connection with anthropogenic loads on rivers and their basins. *Problemy otsenki ekologicheskoy napryazhennosti Evropeyskoy territorii Rossii: faktory, rayonirovaniye, posledstviya* [Problems of evaluation of environmental tension of the European territory of Russia: factors, zoning, consequences], 1996, pp. 77–87 (In Russian).

11. On the establishment of standards for the quality of water of surface water bodies. *Natsional'nyy reestr pravovykh aktov Respubliki Belarus'* [National register of legal acts of the Republic of Belarus], 2015, 8/29808.

12. Kondyurina T. A. *Prognoz kachestva vody i zashchita vodozabornykh sooruzheniy na malykh rekakh. Dis. dokt. tekhn. nauk* [Forecast of water quality and protection of water intake facilities on small rivers. Doct. Dis.]. Novocherkassk, 2000. 245 p.

13. Smetanin V. I. *Metody i tekhnologii rekul'tivatsii i vosstanovleniya vodnykh ob'ektov. Dis. dokt. tekhn. nauk* [Methods and technologies of recultivation and restoration of water bodies. Doct. Dis.]. Moscow, 2000. 240 p.

Информация об авторах

Войтов Игорь Витальевич – доктор технических наук, доцент, ректор. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: rector@belstu.by

Сушко Светлана Валерьевна – соискатель. РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» (220086, г. Минск, ул. Славинского, 1, корп. 2А, Республика Беларусь). E-mail: nauka.minpriroda@rambler.ru

Information about the authors

Voitau Ihar Vital'evich – DSc (Engineering), Associate Professor, Rector. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: rector@belstu.by

Sushko Svetlana Valer'yevna – competitor. RUE “Central Research Institute for Complex Use of Water Resources” (building 2A, 1, Slavinskogo str., 220086, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nauka.minpriroda@rambler.ru

Поступила 10.10.2018