УДК 608.2; 574.21

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАРГИНАЛЬНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ УСТЬЯ И НИЖНИХ ТЕЧЕНИЙ РЕК МАЛЫЙ КАРАМАН И БОЛЬШОЙ КАРАМАН САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Угланов Н.А., Маркина Т.А., Тихомирова Е.И., Бобырев С.В.

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, e-mail: tichomirova_ei@mail.ru

Проведен экологический мониторинг устья и нижних течений рек Малый и Большой Караман, испытывающих сильное влияние режима работы Волжского каскада. В результате гидрологических исследований был определен уровень воды, рельеф дна, сила и направление элементарных течений, границы маргинальных зон. Выявлены критические точки, представляющие все типы участков русла. Проведенные исследования позволили обосновать выбора мест забора проб и проведения измерений для экологического мониторинга. Определены гидрохимические, гидробиологические и токсикологические показатели в этих точках, рассчитаны интегральные показатели – индексы ИЗВ, УКИЗВ. На основании гидробиологических исследований рассчитали значения интегрального индекса Скотта и биотического индекса Вудивисса. Анализ полученных данных свидетельствует о недостаточной реализации водоохранных мероприятий на исследуемых участках рек и напряженной экологической обстановке. Установлены приоритетные загрязнения – сточные воды животноводческих ферм и птицефабрик, коммунально-бытовые стоки, СПАВ, нефтепродукты. Проведенные исследования подтверждают необходимость оптимизации использования водных ресурсов и разработки методов рационального природопользования для снижения антропогенного воздействия на водные объекты.

Ключевые слова: экологический мониторинг, малые реки, маргинальные зоны, устьевые зоны, антропогенная нагрузка

THE ECOLOGICAL STATUS ASSESSMENT OF MARGINAL WATER BODIES: CASE STUDY OF ESTUARIES AND LOWER VALLEYS OF MALYI KARAMAN AND BOLSHOY KARAMAN RIVERS

Uglanov N.A., Markina T.A. , Tikhomirova E.I., Bobyrev S.V.

Saratov State Technical University a name Y.A. Gagarin, Saratov, e-mail: tichomirova ei@mail.ru

We conducted environmental in the estuaries and lower valleys of of Malyi Karaman and Bolshoy Karaman rivers, which are influenced by water release from the dams of the Volzhsky cascade. As a result of hydrological studies we determined water levels, bottom relief, strength and direction of the elementary currents as well as boundaries of marginal zones. We identified critical points representing all types of river flow. Our data allowed justifying the selection of sampling and measurements for environmental monitoring At these points, we measured hydrochemical, hydrobiological and toxicological indices and computed integral indicators. Based on the calculated values of hydrobiological data, we computed two integral indices: Scott's index and woodiviss biotic index. Analysis of the obtained data indicated lack of water body management in study area and hazardous ecological situation. According to our research, primary polluting sources were wastewaters from livestock and poultry farms, residential wastewaters, detergents and petroleum products. Our study confirmed the need for optimization of water resource management and development of environmentally-friendly water management technologies along with reduction of human impact on water bodies.

Keywords: environmental monitoring, small rivers, marginal zone, estuarine zone, anthropogenic impact

Одной из основных задач современной экологии является изучение структуры, закономерностей функционирования и устойчивого развития водных экосистем и их рациональное использование. Решение этой задачи невозможно без углубленных исследований важнейших компонентов водных экосистем, мобилизующих трофический потенциал водоемов [1, 3, 10].

В настоящее время водоемы различного типа испытывают интенсивную антропогенную нагрузку разного характера. Поэтому остро стоит как проблема оптимизации использования естественных ресурсов, так и проблема разработки методов снижения антропогенного воздействия на окружающую среду. По данным ряда авторов, существует объективное противоречие между тенденцией роста водопотребления при повышении требований к качеству воды и прогрессирующим отрицательным влиянием антропогенных факторов на водные объекты [5, 8, 11].

Возрастание антропогенного воздействия на природу может привести к необратимым изменениям в экосистемах, и именно поэтому постоянный контроль состояния водных ресурсов чрезвычайно важен для выработки эффективных мер по их использованию и принятию связанных с ними управленческих решений. Изучение подобных проблем в настоящее время проводится с использованием геоинформационных технологий и программно-аппаратных комплексов [2, 9].

Водные ресурсы Саратовской области подвергаются значительному влиянию со стороны человека [4], что связано, прежде

всего, с функционированием на Волге одного из крупнейших водохранилищ мира – Волгоградского. Вопросы изменений гидрологического режима притоков водохранилищ практически не рассматривались [6].

Основной фазой водного режима рек Малого и Большого Карамана является весеннее половодье, в период которого проходит порядка 80 % годового объема стока. С учетом данного обстоятельства на протяжении рек создано большое количество прудов и водохранилищ, которые аккумулируют в себе сток весеннего половодья, а также дождевые паводковые воды, которые затем используются на водоснабжение и орошение. Эти искусственные водоёмы являются практически единственным источником водоснабжения населения Заволжья, что подчеркивает их важное социально-экономическое значение.

Для изучения были выбраны данные объекты в связи с сильным влиянием на них режима работы Волжского каскада, что даёт возможность их загрязнения восходящего типа и позволяет отнести их к типичным маргинальным зонам. Кроме того, М. Караман имеет общее устье с Б. Караманом, что существенно затрудняет прогнозирование экологических рисков, связанных с перемещением химических веществ в воде.

Цель работы – экологическая оценка качества воды в маргинальных зонах – устья и нижних течений рек Малого и Большого Караманов по интегральным гидрохимическим и гидробиологическим показателям.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на модельных водных объектах – устье и нижнее течение рек Малый и Большой Караман, которые расположены в юго-восточной части Восточно-Европейской равнины на территории Нижнего Поволжья, в пределах границ Саратовской области, по левому берегу Волги (Волгоградского водохранилища) с 2010 по 2012 гг. в весенний (10–20 мая), летний (20–30 июля) и осенний период (1–10 октября). Протяженность исследуемых участков: по реке Б. Караман – 27 км, по реке М. Караман – 25 км. Экологический мониторинг проведён по 27 точкам с определением в каждой 27 гидрохимических, 4-х органолептических, 5 гидробиологических показателей.

Часть показателей определяли *ex tempore* с использованием авторского аппаратно-программного обеспечения: точечная скорость и направление течения, уровень воды, рельефа дна, цветность, мутность, запах, pH, температура, O_2; наличие и видовое разнообразие фитопланктона, зоопланктона, бентоса. Остальные показатели определяли в Испытательной аккредитованной лаборатории «ЭкоОС» СГТУ по утвержденным методикам: жесткость, БПК$_5$, БПК$_{общ}$, ХПК, содержание ионов Cl^-, NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-, SO_4^{-2}, Zn^{+2}, Cu^{+2}, Fe (общее), Mn^{+5}, PO_4^{-3}, Ni^{+2}, Pb^{+2}, присутствие фенолов, ПАВ и нефтепродуктов. Полученные результаты обрабатывали статистически по общепринятым методикам.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение экологического состояния воды реки **Малый Караман** в весенний, летний и осенний периоды 2010–2012 гг. показало значительные изменения в динамике органолептических показателей: запах колебался от 1 до 3-х баллов (максимально в створе ниже с. Бородаевка). Мутность воды в реке Малый Караман составляла 38,8–103,2 мг/дм³. При этом отмечались достоверные ($P < 0,05$) отличия в показателях на участках в близи населённых пунктов. Наиболее высокое значение оказалось в пробах воды у села Бородаевка. Характер изменения величины цветности в изучаемых створах был аналогичен изменению мутности. Обращает на себя внимание возрастание цветности (от 36 до 85°) на протяжении реки от села Караман до села Бородаевка. Отмечены изменения и гидрохимических показателей. Так, активная реакция реки Малый Караман на большинстве изученных участках характеризовалась значениями в интервале 7,6–7,8 pH, что являлось благоприятным условием для протекания процессов самоочищения. Показатели щелочности воды изменялись от 3,43 до 4,46 ммоль/дм³. Перманганатная окисляемость воды р. Малый Караман находилась в интервале 10,0–18,6 мг/дм³ кислорода. Наибольшие значения окисляемости были выявлены в летний период в створе ниже села Бородаевка. БПК$_5$ в воде этого участка реки составляло 13,3 мгO_2/дм³ (рис. 1). Содержание растворенного кислорода было достаточным для протекания биологических и биохимических процессов в водоеме. Концентрации его были в пределах 4,1–8,5 мгO_2/дм³.

Изучение величины общей минерализации, содержания сульфатов и хлоридов не позволило выявить достоверного изменения этих показателей на протяжении реки. Вместе с тем отмечалась тенденция к возрастанию общей минерализации (сухого остатка) в створах ниже населенных пунктов. Присутствие в воде всех форм азота свидетельствовало о сравнительно свежем загрязнении органическими веществами, в том числе и фекального происхождения. Это свидетельствовало о том, что процессы самоочищения не завершены. Содержание общего железа было в пределах 0,3–0,4 мг/дм³; концентрации фтора были невысокими и составляли 0,22–0,25 мг/дм³. При определении специфических загрязнений было отмечено содержание нефтепродуктов в пре-

делах 0–0,07 мг/дм³, а ПАВ – в интервале 0,07–0,127 мг/дм³.

Таким образом, результаты исследования качества воды реки М. Караман позволяют сделать вывод о том, что она испытывают неблагоприятное воздействие, прежде всего со стороны сельских населенных пунктов, расположенных в береговой зоне. Ухудшение качества воды, на наш взгляд, связано с расположением в береговой зоне лагерей летнего выпаса скота. Показателями органического загрязнения (перманганатная и бихроматная окисляемости, БПК$_5$), а также наличие всех форм азотистых соединений в воде свидетельствуют о загрязнении воды органическими веществами и снижении процессов самоочищения.

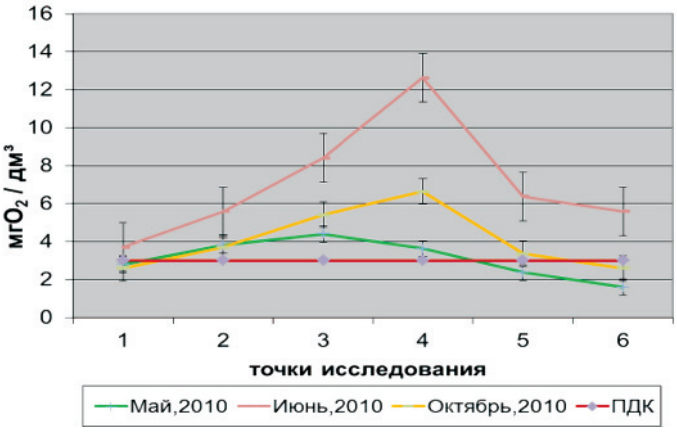

Рис. 1. Динамика показателя БПК$_5$ в воде реки М. Караман

Исследования качества воды реки **Большой Караман**, выполненные в весенний, летний и осенний периоды 2010–2012 гг., позволили установить, что органолептические показатели были в основном удовлетворительными. Запах воды колебался от 0 до 2-х баллов. Однако отмечены достаточно высокие для летнего периода значения мутности и цветности воды. Так, в створе выше села Калуга значение мутности достигало 55,2 мг/дм³, а величина цветности находилась в интервале 25–56,7°. Нами установлено снижение величины мутности и цветности воды реки Б. Караман по мере приближения к устью. При этом влияние волжской воды прослеживалось вверх по течению реки до поселка Степное. Так же как и на реке М. Караман, выявлено неблагоприятное воздействие близости сельских населенных пунктов на такие показатели, как перманганатная окисляемость и БПК$_5$. Особенно отчетливо эта закономерность проявлялась в створах ниже и выше села Советское (рис. 2). Активная реакция воды находилась в пределах 8,I–8,3; щелочность изменялась от 2,83 до 4,5 ммоль/л. На протяжении исследуемого участка реки определенной закономерности в изменении этого показателя не установлено.

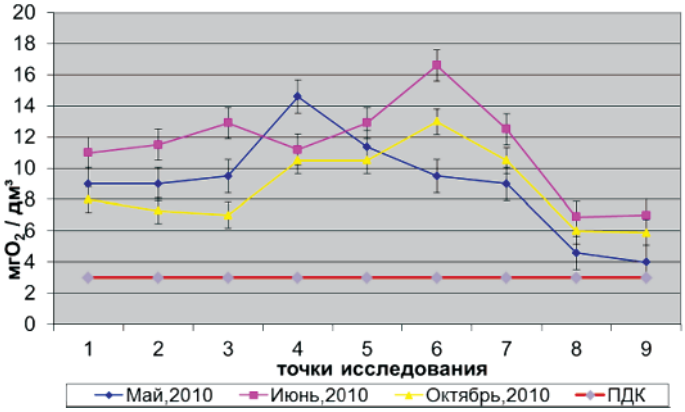

Рис. 2. Динамика показателя БПК$_5$ в воде реки Б. Караман

Исследования воды р. Б. Караман на содержание органических веществ показало изменение величины перманганатной окисляемости от 7,73 в створе выше села Ленинское, до 17,9 мгO$_2$/дм³ в створе выше села Советское. БПК$_5$ в воде реки Б.Караман

изменялось от 3,8 в створе выше села Калуга до 14,6 мгO_2/дм³ в створе ниже села Степное. Расчет отношения БПК$_5$ к окисляемости показал, что только в одном створе (выше села Калуга) его значение составило 0,4. В остальных пунктах наблюдения по этим показателям можно было характеризовать водный объект как загрязненный органическими соединениями. Наиболее высокие значения отмечены в створе ниже села Советское. Высоким был и другой показатель загрязнения воды – бихроматная окисляемость, величина которого колебалась от 35,6 до 77,4 мг/дм³. Вместе с тем содержание растворенного кислорода (4,2–8,5) было достаточным для протекания биологических и биохимических процессов в реке. Присутствие в воде всех форм азота свидетельствует о незаконченности процессов самоочищения, а также о сравнительно свежем загрязнении реки органическими веществами.

Из специфических загрязнений реки Б. Караман следует отметить присутствие нефтепродуктов и ПАВ в большинстве исследуемых точек в концентрациях, не превышающих значения ПДКрх. Исключение составляли пробы из точек реки Б. Караман в районе ниже села Советское, в которых концентрация ПАВ превышала значения ПДКрх. Средние значения БПК$_5$ были, как правило, меньше в створах, расположенных ниже сел. Это свидетельствует о том, что вода, загрязненная органическими веществами, не успевает от них освобождаться за время прохождения до следующего населенного пункта в связи с низкой самоочищающей способностью реки.

Полученные данные позволили рассчитать индексы ИЗВ, УКИЗВ в соответствии с РД 52.24.643-2002. Определенные интегральные показатели были нанесены на картооснову исследуемых объектов. На рис. 3 представлено изменение индекса загрязненности вдоль русел рек Б. Караман и М. Караман. Значения УКИЗВ варьировали в пределах 1,15–1,85 для вод М. Карамана и в пределах 1,3–1,8 – для Б. Карамана, что характеризует их как загрязненные. Для всех загрязняющих ингредиентов в период исследований было отмечено стабильное превышение значений ПДКрх., что подтверждается наибольшими значениями частных оценочных баллов по повторяемости (S_α = 4). Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносили показатели растворенного кислорода и биохимического потребления кислорода.

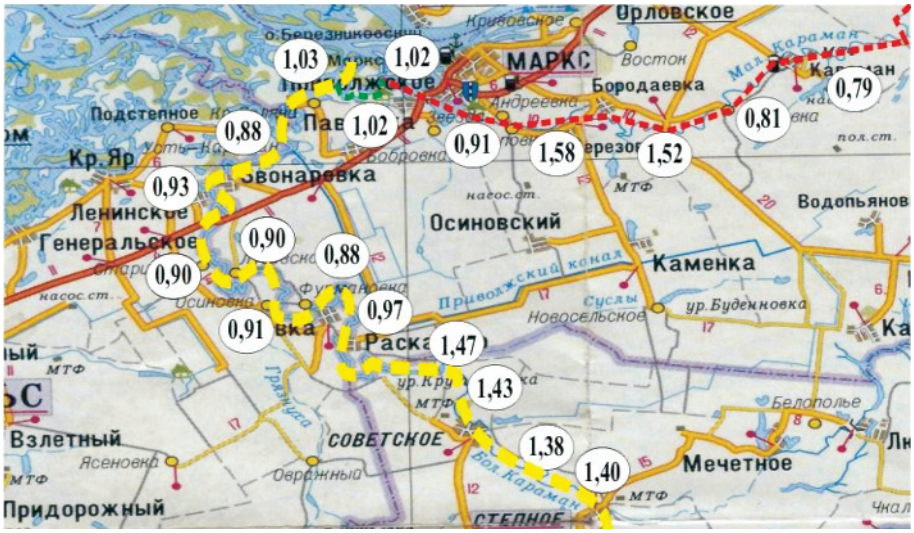

Рис. 3. Изменение ИЗВ вдоль русел рек Б. Караман и М. Караман

Было отмечено также, что реки загрязнены очень неоднородно. Ниже с. Степное на реке Б. Караман величина ИЗВ снижалась, что, на наш взгляд, связано с действием волжской воды за счёт эффекта разбавления. На реке М. Караман также выявлен участок с повышенным значением индекса загрязнённости, но он расположен значительно ближе к устью. Данный факт, мы считаем, может быть объяснен постройкой малого водохранилища на этом участке реки в связи с малым расходом реки в межень, что сильно ухудшает процессы самоочищения. Ниже по течению также начинается действие волжского каскада.

На основании гидробиологических исследований провели расчёт интегральных биотических индексов Скотта и биотического индекса Вудивисса. В нашей работе биотический индекс Скотта варьировался

в пределах 5–15 как для воды Малого, так и Большого Караманов, что свидетельствует об их плохом экологическом состоянии (рис. 4). Определённые нами величины биотического индекса Вудивисса имели сходные значения, который характеризует исследуемые водные объекты как значительно загрязнённые.

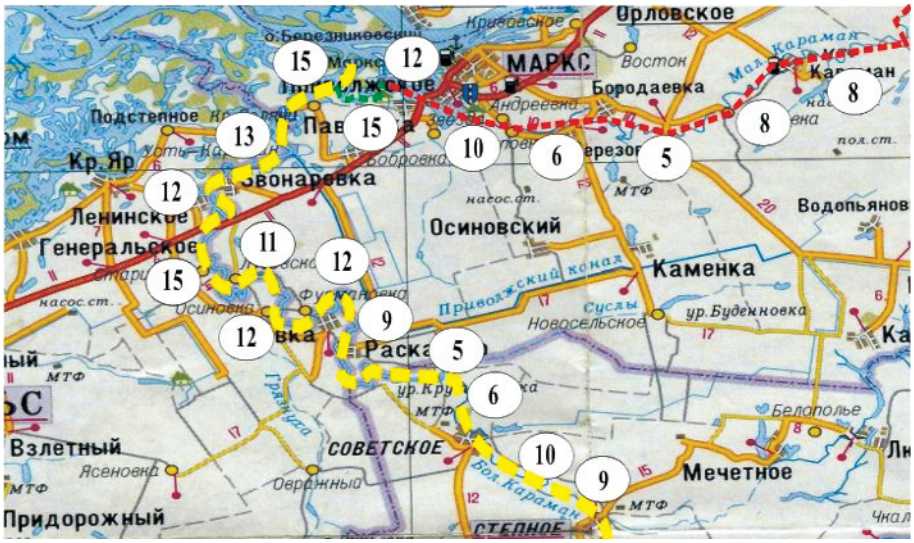

Рис. 4. Изменение индекса Скотта вдоль русел рек Б. Караман и М. Караман

Это может быть объяснено большими антропогенными нагрузками на реки в пределах исследованных участков. Возможно, такое состояние рек спровоцировано в том числе и обнаруженными нами на берегах рек выходами сточных вод из коммунальных источников. Однако следует отметить, что гидрохимические показатели исследуемых водных объектов были достаточно хорошими, очевидно состояние рек в маргинальных зонах улучшается в результате постоянного притока более чистых вод из Волгоградского водохранилища. Однако результаты гидробиологических исследований свидетельствуют об их полном неблагополучии для живых организмов.

Анализ полученных данных свидетельствует о недостаточной реализации водоохранных мероприятий на исследуемых реках и достаточно напряженной экологической обстановке. Установлено, что приоритетными источниками загрязнения являются сточные воды животноводческих ферм и птицефабрик, коммунально-бытовые стоки, СПАВ. Отмечено возрастание загрязнения этих малых рек нефтепродуктами в местах проезда автотранспорта вброд, в районах эксплуатации насосных станций полей орошения. Определенную опасность представляет собой неконтролируемый выпас скота в прибрежной зоне малых рек, а также строительство лагерей крупного рогатого скота и связанная с этим проблема утилизации отходов, значительная часть которых попадает в реки при выпадении осадков или во время паводков и значительно влияет на их санитарный режим. Полученные нами данные согласуются с представленными в литературе сведениями о загрязнении малых рек саратовского Заволжья (Орлов, 2006).

Проведенные исследования подтверждают остроту проблемы оптимизации использования водных ресурсов и разработки методов снижения антропогенного воздействия на водные объекты и рационального природопользования.

Список литературы

1. Афанасьев Ю.А., Фомин С.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: учебное пособие. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. – С. 208.

2. Гидрометрический аппаратно-программный комплекс как основа проверки адекватности гидрологических моделей малых рек / С.В. Бобырев, Н.А. Угланов, С.Э. Михалёв, Ю.А. Изюмов, Е.И. Тихомирова // Вестник СГТУ. – 2012. – № 4. – С. 281–287.

3. Зинченко Т.Д., Бухарин О.В., Захаров В.М. Биоиндикация экологического состояния равнинных рек // Рос. акад. наук. Ин-т экологии Волж. бассейна, Ин-т биологии развития им. Н.К. Кольцова, Урал. отд-ние. Ин-т клеточного и внутриклеточного симбиоза. – М.: Наука, 2007. – С. 403.

4. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2011 году // Правительство Саратовской области, Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. – Саратов, 2012. – С. 245.

5. Лукьяненко В.И. Актуальные проблемы экологии Ярославского Поволжья и пути их решения // Актуальные проблемы экологии Ярославской области: материалы Вто-

рой науч.-практ. конф. В 2-х т. Т. 1. – Ярославль, Издание ВВО РЭА, 2002. – С. 12–24.

6. Экология Верхней Волги: современное состояние, проблемы и пути их решения / В.И. Лукьяненко, И.К. Ривьер, А.С. Литвинов, А.И. Копылов. – Ярославль: Издание ИБВВ РАН, 1994. – С. 45.

7. Гигиенические вопросы использования открытых водоемов Поволжья для сельского водоснабжения / А.А. Орлов, В.Ф. Спирин, М.В. Накарякова, С.А. Мосияш и др. // Вода: экология и технология: 7–й Международный конгресс. – М., 2006. – С. 919–920.

8. Эколого-гигиеническая оценка левобережных притоков Волгоградского водохранилища / А.А. Орлов, С.А. Мосияш, М.В. Накарякова, Т.Г. Кураева // Бассейн Волги в XXI–м веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ: сб. матер. докл. участников Всеросс. конф. ин-та биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина (РАН, Борок, 22-26 октября 2012 г.). – С. 207–209.

9. Интегрированный экологический мониторинг акваторий и программно-аппаратные решения / А.Л. Подольский, С.В. Бобырев, Е.И. Тихомирова, А.А. Беляченко, Ю.Ю. Лобачев, Н.А. Угланов, С.Э. Михалев // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 5. – С. 177–179.

10. Сергеева И.В. Экология и фауна хирономид подсемейства Tanypodinae (Diptera, Chironomidae) разных зоогеографических зон России: дис. … д-ра биол. наук. – Саратов, 2006. – С. 360.

11. Введение в экологическое моделирование / А.А. Цхай, М. Пулян, Л.Н. Бельдеева, Дж. Ганулис, И.В. Жерелина, В.И. Квон, В.В. Кириллов, С.А. Ляхова, Х-П. Нахтнебел, Н.З. Нечай. – Барнаул: Изд-во «Азбука», 2001. – С. 315.

References

1. Afanasiev Y.A., Fomin S.A. Monitoring and environmental control methods: Training. allowance. M.: IZD-vo MNEPU, 2001. pp. 208.

2. Bobyrev S.V., Uglanov N.A., Mikhalev S.E., Isumov U.A., Tihomirova E.I. Hydromet-riceskil hardware-software system as a basis for verifying the adequacy of environmental hydrological models of small rivers, Journal of SSTU, 2012, no. 4. pp. 281–287.

3. Zinchenko T.D., Bukharin O.V., Zakharov V.M. Bioindication ecological condition of lowland rivers grew up. ACAD. Sciences. Institute of ecology Volž. pools, Institute of development biology. N.K. Koltsov, Ural. Dept. of. Institute of cellular and intracellular symbiosis. M.: Nauka, 2007. pp. 403.

4. Report on the State of the environment and of the Saratov region in year 2011//Government of the Saratov region, the Committee on environmental protection and environmental use of the Saratov region. Saratov, 2012. pp. 245.

5. Lukyanenko V.I. actual problems of ecology Yaroslavl of the Volga region and the ways of their solution//actual problems of ecology of the Yaroslavl region: proceedings of the Second on-feat.-Scient. conf. In the 2-1 x t Tom. Yaroslavl, CEA, 2002 Edition of the TSB. pp. 12–24.

6. Lukyanenko V.I., Rivière I.K., Litvinov, A.S. Kopylov A.I. Ecology Top Volga: current state, problems and ways of their solution. Yaroslavl: Edition IBVV, RAS, 1994. pp. 45.

7. Orlov A.A., Spirin V.F., Nakaryakov M.V., Mosias S.A., etc. Hygienic use of surface water of the Volga region for rural water supply // 7-th International Congress «water: Ecology and technology». M. 2006. pp. 919–920.

8. Orlov A.A., Mosias S.A., Nakaryakov M.V., Kuraev T.G. environmental-hygienic assessment of the Volgograd reservoir tributaries/Basin in HHI-century: the structure and functioning of ecosystems reservoirs // Sat. mater. dokl. Vseross participants. conf. Ying-Ta biology Ext. water them. I.d. Papanin there (RAS, Borok, 22-26 October 2012). P. 207-209.

9. Podolsky A.L., Bobyrev S.V., Tikhomirova E.I., Bellcenko A.A., Lobachev Y.Y., Uglanov N.A., Mihalev S.E. Integrated environmental monitoring areas and programmes-but-hardware solutions/ /Fundamental research. 2012. no. 5. pp. 177–179.

10. Sergeeva I.V. Ecology and fauna hironomid subfamilies Tanypodinae (Diptera, Chironomidae) various zoogeographic zones of Russia // Dics. … Dott. Biol. Sciences. Sarah. 2006. pp. 360.

11. Tshay A. A. Pulan, M. Beldeeva L.N., Ganulis Дж., I. V., Gerelina I.V., Kirillov V. V., Lyahova S.V., Nahtnebel H-P., Nechai N.Z. Introduction to environmental modelling/ Barnaul: IZD-vo «Azbuka», 2001. pp. 315.

Рецензенты:

Сергеева И.В., д.б.н., профессор, зав. кафедрой ботаники и экологии Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова, г. Саратов;

Трубецков А.В., д.м.н., профессор, зам. директора по науке, ФБУН «Саратовский НИИ сельской гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере прав потребителей и благополучия человека, г. Саратов.

Работа поступила в редакцию 08.05.2013.