УДК 556.535.8

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАЛЫХ ГОРОДСКИХ РЕК

М. П. Прядко,
аспирант, НИУ «БелГУ», Mariel0313@yandex.ru
П. В. Голеусов,
доцент, НИУ «БелГУ Mariel0313@yandex.ru

Рассмотрены особенности функционирования малых рек в геосистемах городов. Составлены карты отмелеобразования трех участков искусственного расширения русла р. Болховец. Определены приоритетные загрязнители в составе донных отложений городского участка р. Болховец. Проведен химический анализ проб воды городского участка р. Болховец. Выявлены участки реки с наиболее негативной экологической обстановкой.

There are considered the features of the little river funktioning in the town geosystems. The maps of the ground deposition formation of 3 areas artificial widening of Bolcovez riverbed are composed. The main populants in the ground deposition composition of Bolcovez town area are identified. The chemical analysis of the water samples in Bolcovez town area is conducted. River zones with negativ ecological status are exsposed.

Ключевые слова: малые городские реки, загрязнение рек, донные отложения, тяжелые металлы.

Keywords: little town rivers, river pollution, ground deposition, heavy metals.

Техногенная нагрузка на водные экосистемы — это результирующая комплекса антропогенных воздействий на водный объект, которые отражаются в изменении гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов функционирования. Донные отложения вследствие высоких сорбционных свойств могут рассматриваться в качестве интегрального индикатора техногенной нагрузки на реку. В процессе своего перемещения и отложения в русле реки донные отложения (речные наносы) накапливают весь комплекс химических элементов, присутствующих в воде, и поэтому исследование загрязнения донных отложений имеет большое значение в оценке экологического состояния реки. Кроме того, в городском ландшафте река принимает значительные объемы поверхностного стока, в составе которого в растворенной, сорбированной на твердых частицах формах и в форме техногенных соединений поступают микроэлементы, в том числе тяжелые металлы, характерные для городской среды. В этой ситуации донные отложения городских рек выполняют депонирующую функцию, участвуя в процессах их самоочищения.

Цель настоящего исследования предполагает анализ трансформации гидрохимического режима функционирования малых рек в условиях техногенного преобразования их русел в городских геосистемах и включает: исследование морфологии трансформированного русла реки путем построения цифровых моделей рельефа дна с оценкой

Рис. 1. Расположение участков пробоотбора донных отложений и воды в городском отрезке течения р. Болховец

интенсивности накопления осадков и изменения водообмена в искусственных расширениях русла; исследование химического состава донных отложений реки как вторичного источника загрязнения воды; анализ качества воды в городском участке реки; выявление закономерностей изменения функционирования малой реки в условиях городской среды с определением основных тенденций развития и путей его экологической оптимизации.

В качестве объекта исследования рассматривается река Болховец (Везелка), около 10 км русла которой (из 25 км общей протяженности) находится в черте г. Белгорода [1]. При этом в верхнем отрезке (5,2 км) городского участка реки русло имеет преимущественно естественное строение, а в нижнем — представлено каскадом из десяти расширений, ширина которых в некоторых участках превышает 100 м (рис. 1). В каждый из этих техногенных водоемов происходит организованный и неорганизованный сброс ливневых сточных вод, предварительная очистка которых не производится. За несколько десятилетий в русле реки накоплено большое количество донных осадков, и в связи с планируемыми и осуществляемыми работами по очистке требуется анализ степени загрязненности этих отложений. Создание искусственных расширений и углублений русла — достаточно распространенные гидротехнические мероприятия в городских геосистемах. Однако в пределах города эти расширения, как правило, испытывают чрезмерную антропогенную нагрузку, которая выражается, прежде всего, в загрязнении, заилении дна и, как следствие, снижении водообмена.

Значительное депонирование донных отложений подтверждается при анализе трехмерных моделей дна трех наиболее значимых для городского ландшафта участков искусственного расширения русла реки Болховец — участки 5, 6 и 7 (рис. 1). На основе данных тахеометрической съемки и промеров глубин нами были построены трехмерные мо-

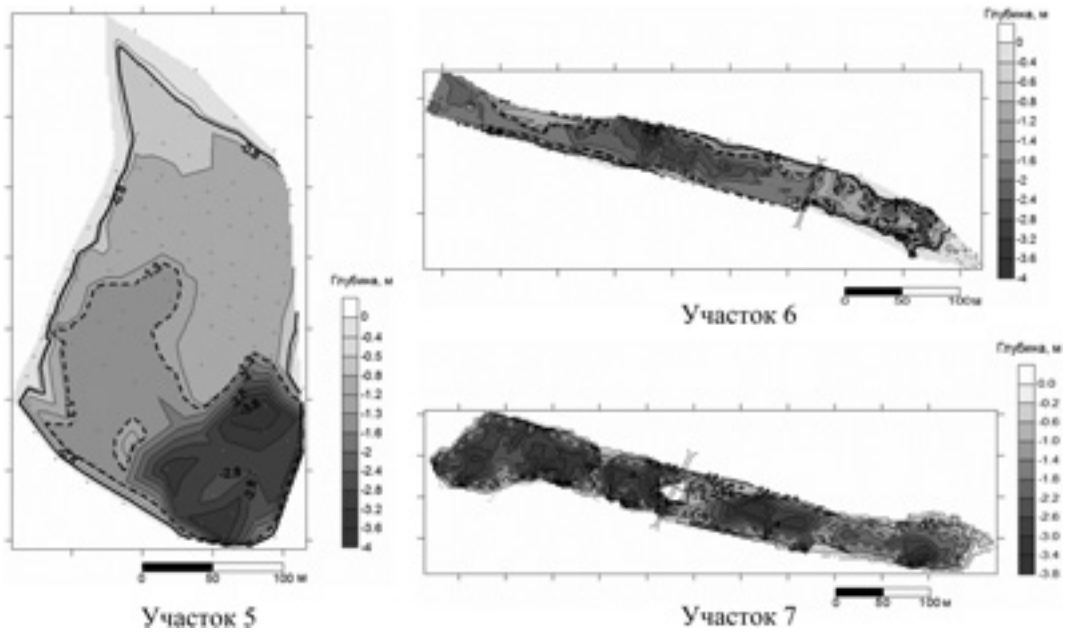

Рис. 2. Карты глубин трех участков расширений русла реки Болховец. Сплошной и пунктирной линией выделены участки реального и потенциального образования отмелей

дели русла реки в этих участках (ПО Surfer 8.0) и составлены карты отмелеобразования (рис. 2), на основе чего была оценена потенциальная опасность заиления данных участков. Участки реального и потенциального образования отмелей определены исходя из сезонных колебаний уровня воды в реке.

Анализ трехмерных моделей позволил установить, что в 2007—2008 г. наибольшая скорость водообмена наблюдалась на участках 6 и 7 — 32,5 и 30 $м^3$/ч, соответственно, при этом на участке 7 наблюдалось интенсивное образование отмелей. Наименьшая скорость водообмена соответствовала участку реки 5 — 13,6 $м^3$/ч, дно данного участка расширения русла отличалось сильной заиленностью.

В феврале 2010 г. нами был осуществлен пробоотбор донных отложений в искусственных расширениях русла реки Болховец в городском отрезке — с целью выявления наиболее загрязненных участков русла реки. Пробоотбор осуществлялся в 10 участках расширений русла реки Болховец (см. рис. 1) — от первого, расположенного напротив цементного завода, до устья — места впадения Болховца в реку Северский Донец — в пятикратной повторности для последующего рентгенофлуоресцентного анализа (использован спектрометр «СПЕКТРОСКАН МАКС-GV» [2]).

На протяжении всего городского участка реки Болховец (по данным рентгенофлуоресцентного анализа) наблюдается накопление в донных отложениях тяжелых металлов. Суммарный показатель загрязнения максимален на участке расширения русла реки 8 (табл. 2). Приоритетными загрязнителями выступают цинк и свинец. Источниками поступления данных микроэлементов могут являться стоки ливневой канализации, о чем могут свидетельствовать данные химического анализа осадка сточных вод в реку Болховец (при входе в парк Победы), полученные в октябре 2009 г. (рис. 3). Как показали исследования, с твердым стоком с территории города в реку стекает значительное количество Zn и Pb. В осадке сточных вод наблюдается превышение уровня ПДК по данным элементам.

На основе полученных данных рентгенофлуоресцентного анализа, можно выявить участки с наибольшим уровнем загрязнения донных отложений — источников вторичного загрязнения ре-

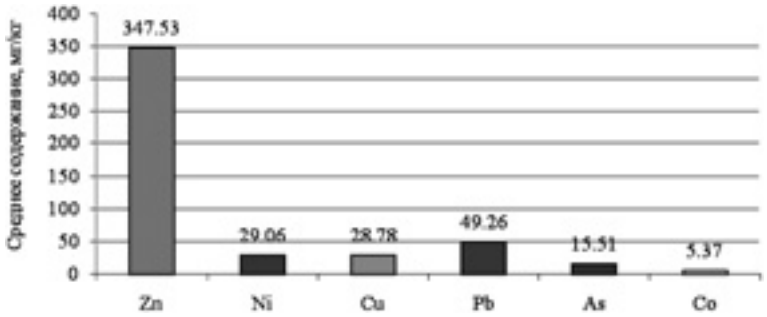

Рис. 3. Среднее содержание микроэлементов в осадке ливнестока (участок 7, октябрь, 2009)

ки. Количественно степень техногенной нагрузки на водный объект может характеризоваться показателем накопления (ПН) тяжелых металлов в донных отложениях [1; 3]:

$$ПН = (C_i - C_ф)/C_ф \cdot 100\ \%,$$

где C_i — концентрация микроэлемента в ДО; $C_ф$ — фоновое значение содержания данного микроэлемента. В качестве $C_ф$ мы принимали среднее значение концентрации ТМ в донных отложениях на участке реки Болховец, который практически не испытывает техногенного воздействия.

В табл. 1 приведены значения показателей накопления различных микроэлементов для участков расширений русла реки Болховец.

На основе исследований микроэлементного состава донных отложений можно сделать следующие выводы:

- приоритетными загрязнителями в составе донных отложений р. Болховец выступают цинк и свинец;
- наихудшее (по уровню загрязнения донных отложений) экологическое состояние реки наблюдается на участке 8 реки, где отмечаются самые высокие показатели накопления по приоритетным загрязнителям;
- одним из основных источников поступления ТМ в донные отложения р. Болховец можно считать места организованного сброса вод ливневой канализации.

В августе-сентябре 2010 г. нами был осуществлен отбор и химический анализ проб воды в реке Болховец. Индикаторами качества послужили содержание ионов аммония (NH_4^+, мг/л), содержание железа общего и минерализация (мг/л). Первый показатель измеряли потенциометрическим методом, железо — спектрофотометрическим, минерализацию — кондуктометрическим методом.

Химический анализ воды в реке Болховец показал, что в отношении содержания иона аммония (NH_4^+), который в природных водах накапливается при разложении органического вещества, наблюдается уменьшение содержания данного иона на протяжении городского отрезка реки (табл. 2), что позволяет говорить о протекании процессов самоочищения в каскаде водоемов. Сходная ситуация наблюдается и в отношении минерализации — суммарного количественного показателя содержания растворенных в воде веществ — его максимальное значение отмечается на участках 1 и 2 (табл. 2).

Такой элемент, как железо (Fe) для большинства городских рек является

Таблица 1

Показатели накопления ТМ в донных отложениях р. Болховец, %

Участки отбора проб	Zn	Ni	Cu	Pb	As	Co
2	51,2	—	—	167	26,4	нет
3	—	—	—	22,0	4,1	нет
4	18,5	29,5	24,0	53,7	—	189,7
5	—	6,0	46,3	10,6	6,6	127,6
6	8,9	—	—	82,9	33,1	—
7	—	—	—	44,7	—	нет
8	68,4	—	—	232,5	—	172,4
9	10,0	—	—	99,2	8,3	нет
10	16,1	—	—	39,8	—	—

«—» — отсутствие превышения фона; «нет» — расчет невозможен из-за низкого содержания элемента в контрольном створе (ниже предела обнаружения).

Таблица 2

Гидрохимическая характеристика р. Болховец в городском отрезке ее русла

Точки отбора проб	Z_C*	NH_4^+, мг/л	Минерализация, мг/л	$Fe_{общ}$, мг/л
1 (фон)	1	1,06	893	0,294
2	3,31	0,67	891	0,367
3	0,60	0,45	632	0,279
4	2,08	0,38	595	0,264
5	1,23	0,32	596	0,374
6	2,05	0,57	636	0,575
7	0,14	0,66	634	0,358
8	3,45	0,6	641	0,557
9	1,66	0,22	627	0,623
10	1,07	0,23	679	0,444

* $Z_C = \Sigma(C_i / C_ф) - (n - 1)$, где Z_C — суммарный показатель загрязнения донных отложений тяжелыми металлами, C_i — среднее содержание i-го элемента в донных отложениях, $C_ф$ — фоновое содержание элемента в донных отложениях, n — общее число элементов.

типичным. Это также типоморфный элемент для Белгородской области в целом и для города Белгорода, в частности. Концентрация железа в реке Болховец (табл. 2) достаточно высока, показатель ПДК превышен практически на всех участках пробоотбора (за исключением участков 1, 3 и 4) и наблюдается увеличение содержания данного элемента по направлению к устью реки.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы.

1. Анализ морфологических особенностей реки Болховец свидетельствует о снижении ее способности к самоочищению вследствие сокращения стока и сильной антропогенной трансформации русла. Техногенное преобразование русла реки в городском отрезке привело к нарушению процессов его естественного очищения. Каскад из трех водоемов искусственных расширений формирует многочисленные механические барьеры, на которых происходит оседание взвешенных частиц, транспортируемых рекой. Очищающая способность искусственных расширений русла со временем снижается в связи с заилением дна, сокращением объема и, как следствие, усилением водообмена.

2. Результаты выявления пространственных различий экологического состояния реки Болховец свидетельствуют о негативном влиянии городской экосистемы на качество воды в реке в отношении поступления и накопления тяжелых металлов, а также железа. Вместе с тем по показателям минерализации и содержания иона аммония (экспресс-анализ качества) выявлено их снижение в каскаде расширений русла, что свидетельствует о протекании процессов самоочищения.

3. В целом, расширения русла выполняют положительную роль как каскад водоемов-отстойников, препятствующих выносу загрязняющих веществ в р. Северский Донец, но уровень воздействия на экосистему реки превышает ее способность к самоочищению, что обусловливает необходимость проведения эколого-реабилитационных мероприятий. Решить проблему деградации малых городских может только комплексное водоохранное обустройство их бассейнов на всем протяжении.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного контракта № 02.740.11.0675 в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 годы.

Библиографический список

1. Бреховских В. Ф. Тяжелые металлы в донных отложениях Иваньковского водохранилища / В. Ф. Бреховских, З. В. Волкова // Международный конгресс «Экватэк-98». — М., 1998. — С. 17—25.
2. Дегтярь А. В. Гидролого-экологический анализ деградационных процессов в речных бассейнах малых рек юго-запада Центрально-Черноземного региона: автореф. дис.... канд. геогр. наук: 25.00.27 / А. В. Дегтярь; Белгородский государственный университет. — Белгород, 2005. — 24 с.
3. Концентрации тяжелых металлов в донных отложениях Верхней Волги / В. И. Косов, Г. Н. Иванов, В. В. Левинский, Е. В. Ежов // Водные ресурсы. — 2001. — Т. 28. — № 4. — С. 448—453.
4. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М049-П/04. — С.-Петербург: ООО «НПО “Спектрон”», 2004.