

На правах рукописи



Борзенков Алексей Александрович

**ВЛИЯНИЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ Г. КУРСКА НА
ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ**

25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание ученой степени кандидата географических наук

Курск 2007

Диссертационная работа выполнена на кафедре физической географии и геоэкологии Курского государственного университета

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Кумани Михаил Владимирович

Официальные оппоненты: доктор географических наук,
профессор

Корнилов Андрей Геннадьевич

кандидат географических наук,
профессор

Мишон Виталий Михайлович

Ведущая организация:

Межрегиональное территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Центрально – Черноземных областей.

Защита состоится 15 мая 2007 года в 9 часов 30 минут на заседании диссертационного совета ДМ 212.036.02 при Воронежском государственном педагогическом университете по адресу: 394043, г. Воронеж, ул. Ленина, д. 86, ауд. 408.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале библиотеки Воронежского государственного педагогического университета.

Автореферат разослан «5» апреля 2007 г.

**Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических
наук, доцент**



Шмыков В.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Концентрация производства и городского населения на сравнительно ограниченных территориях отрицательно влияет на окружающую среду и в том числе на поверхностные воды.

Для изучения и оценки уровня хозяйственного воздействия на поверхностные воды, и загрязнения рек и водоемов точечными и диффузными источниками на территории городов, необходимо проводить комплексный анализ состояния и динамики всей природной среды. Однако регулярные многолетние наблюдения за поверхностным стоком с территории городов и качеством воды, поступающим с ливневым и талым стоком, практически отсутствуют. Имеющиеся наблюдения, как правило, кратковременны и их объем ограничен. Кроме того, в исследованиях почти не уделялось внимания выносу загрязняющих веществ с наносами, поступающими с урбанизированных территорий.

В тоже время в рамках новейших исследований стало очевидно, что недоучет этих процессов не позволяет получить объективную научную оценку изменения качества воды. То есть, существует огромный объем данных, констатирующих ухудшение качества воды под влиянием урбанизированных систем, но при этом отсутствует детальная оценка источников этого загрязнения, их распределения во времени и пространстве. Это препятствует разработке эффективных мероприятий по охране поверхностных вод.

Загрязняющие вещества, поступающие в поверхностные воды, накапливаются в донных отложениях, создавая вторичное загрязнение рек г. Курска, как в меженные, так и в многоводные периоды. В результате возникают экологические риски ухудшения качества воды, изменяются классы качества воды в городской черте и ниже по течению, происходит трансформация водных экосистем.

Цель работы. Оценить механизм и источники воздействия урбанизированных территорий г. Курска на реки Сейм, Тускарь, Кур и разработать эффективные методы снижения вредного воздействия на поверхностные воды диффузными источниками загрязнения.

Для реализации поставленных целей осуществлялось последовательное решение следующих задач:

1. Экспериментальное исследование фактического поступления загрязняющих веществ с урбанизированных водосборов с различным уровнем хозяйственного воздействия на территории Курска в разные фазы гидрологического режима.
2. Выявление соотношения поступления загрязняющих веществ с поверхностным стоком от диффузных источников в период половодья и паводков в растворенном и адсорбированном на взвешенных наносах виде.
3. Оценка соотношения поступающих растворенных и адсорбированных на взвесах загрязняющих веществ от точечных и диффузных источников и в результате вторичного загрязнения от накопившихся в руслах рек отложений, поступивших с урбанизированной территории водосбора.

4. Определение влияния загрязнения на элементы водных и околотоводных биоценозов методом биоиндикации и расчет возникающих в результате этого экологических рисков.

5. Разработка рекомендаций по проектированию водоохраных зон и прибрежных защитных полос, системы водоохраных мероприятий в условиях урбанизированных территорий (для более эффективной защиты поверхностных вод от загрязнения с урбанизированной территории на примере г. Курска.).

Объект исследования. Реки, протекающие через центральную часть г. Курска и сток с урбанизированных частей их водосборов.

Предмет исследования. Загрязнение местного и транзитного стока на урбанизированных территориях г. Курска.

Теоретическая и методологическая база исследований.

Методологической основой исследования послужила бассейновая концепция. Исследование базируется на разработках ведущих отечественных научных школ и представителей в области бассейноведения, ландшафтоведения, гидрологии, геоэкологии, инженерной гидрологии.

Результаты исследований А.Б. Авакяна, Ю.М. Андрейчука, М.В. Болгова, К. Вуртца, Т. Ватанабе, Ф. Вудивисса, В.Н. Жердева, В.В. Куприянова, А.Г. Курдова, Н.Н. Клюева, М.И. Львовича, В.М. Мишона, А.М. Никанорова, В.Н. Новосельцева, В.П. Философова, В.Е. Райнина, В.К. Рязанцева, С.Я. Сергина, Ю.Г. Симонова, В.И. Сметанина, И.А. Шикломанова и других ученых определили выбор методов исследования автора.

При выделении бассейнов рек и малых стоковых экспериментальных водосборов использованы научные подходы Л.М. Корытного, В.М. Смольянинова, Н.А. Барымовой, Е.П. Чернышева, Г.М. Черногаевой и др.

Исходные материалы и методы исследования. В основу работы положены данные натуральных исследований автора на малых урбанизированных водосборах г. Курска, а также многолетние данные наблюдений на реках ТЦ «Курскгеомониторинг», сети Курскгидромета, Комитета природных ресурсов г. Курска и кафедры физической географии и геоэкологии Курского госуниверситета.

В ходе работы применялись традиционные методы географических исследований: сравнительно-описательный, математико-статистический, картографический, экспедиционный, стационарный, метод экспериментальных исследований и наблюдений, метод ГИС-технологий. При этом были использованы программные средства MapInfo (версия 5.0) и СППР гидрохимия (версия 1.2).

Научная новизна. Впервые проведены комплексные исследования поступления загрязняющих веществ от диффузных и точечных источников загрязнения поверхностных вод на урбанизированной территории г. Курска. Оценивается доля вклада взвешенных веществ с адсорбированными на них тяжелыми металлами в общем загрязнении рек. Установлено соотношение загрязнений от точечных и диффузных источников в разные фазы гидрологического режима. На основе оценки влияния урбанизированных территорий на гидроэкологические процессы для р. Сейм выполнены расчеты экологических рисков. С учетом выявленных закономерностей влияния урбанизированных терри-

торий на поверхностные воды разработана и внедрена система эффективных водоохраных мероприятий для г. Курска.

Практическое значение работы. Определено соотношение точечных и диффузных источников загрязнения поверхностных вод в том числе установлено вторичное загрязнение от накопленных донных отложений поступивших с урбанизированной территории.

Впервые дана оценка экологических рисков возникающих на реках г. Курска по гидрохимическим и гидробиологическим показателям, в том числе с применением методов биоиндикации.

С учетом выявленных закономерностей разработаны и внедрены рекомендации по проектированию водоохраных зон и прибрежных защитных полос. Разработана и передана муниципальным органам программа мероприятий по сокращению вредного воздействия урбанизированной территории г. Курска на поверхностные воды (справка о внедрении от 15.03.2007г).

Результаты работы были использованы в учебном процессе в Курском государственном университете при разработке спецкурсов: «Экологические особенности городских территорий», «Геоэкология и рациональное природопользование», «Методы охраны окружающей среды»; специальных дисциплин «Экологическое проектирование и экспертиза», «Ландшафтное планирование» (справка о внедрении от 15.03.2007г).

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на IV симпозиуме стран Центральной и Восточной Европы «Роль естественно-научного образования в свете социальных и экономических перемен в странах Центральной и Восточной Европы» (Курск, 2003 г.), IV региональной научно-практической конференции студентов «Проблемы регионального природопользования и методики преподавания естественных наук в средней школе» (Воронеж, 2003 г.), V и VI семинарах молодых ученых вузов, объединенных Советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ «Эрозионные, русловые процессы проблемы гидроэкологии» (Брянск, 2002 г., Волгоград, 2004 г.), XIX - XXI пленарных межвузовских координационных совещаниях по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (Белгород, 2004 г.; Ульяновск, 2005 г.; Чебоксары 2006 г.), Второй всероссийской научно-практической конференции «Эколого-географические исследования в речных бассейнах» (Воронеж, 2004 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 11 работ. Материалы диссертации использованы в финальном отчете «Определения рисков, связанных с влиянием «горячих точек» на экологические чувствительные зоны в бассейне Днепра» IDRC, выполненные при поддержке ПРООН-ГЭФ. Данные диссертационной работы использованы в проекте водоохраных зон и прибрежных защитных полос р. Сейм и Тускарь в г. Курске.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 167 страницах, включает введение, четыре главы, заключение, библиографический список состоящих из 170 источников, в том числе 9 на иностранном языке, и 13 приложений.

Защищаемые положения

1. Результаты изучения соотношения влияния диффузных и точечных источников загрязнения на качество поверхностных вод.

Характерной чертой городской инфраструктуры города Курска является отсутствие единой ливневой канализации. Ливневыпуски ливнеоточных вод открываются в реки в черте города. Нами установлено, что поверхностный сток, образующийся на урбанизированной территории, в своем составе содержит загрязняющие вещества, концентрации которых превышают ПДК по содержанию нефтепродуктов, тяжелых металлов, азота, фосфора, взвешенных веществ и др. Загрязняющие вещества, содержащиеся в поверхностном стоке, находятся в растворенном и адсорбированном виде на взвешенных веществах. В соответствии с общепринятыми методами установлено, что поступление этих загрязнений в реки г. Курска осуществляется диффузным путем, в том числе на взвешенных веществах.

Поступают с различных частей города загрязняющие вещества неравномерно. Поэтому нами было произведено функциональное зонирование урбанизированных территории г. Курска.

Для этого на выделенных урбанизированных территориях каждого бассейна мы произвели выделение зон с преобладанием многоэтажной застройки и зон с преобладанием индивидуальной приусадебной застройки. Затем были выделены репрезентативные для г. Курска экспериментальные малые стоковые водосборы (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики экспериментальных водосборов

№	Название водосбора	Урбанизированные зоны %		Уклон поверхности водосбора	Перепад высот, м	Максимальная ширина, м	Максимальная длина, м
		Зона с преобладанием многоэтажной застройки	Зона с преобладанием индивидуальной застройки				
1.	ул. Перекальского	69,7	30,3	0,06	85,7	320	1310
2.	ул. Никитская	52,5	47,5	0,07	85,6	260	1130
3.	ул. Дзержинского	63,5	36,5	24,1	68,8	602	1660
4.	ул. Кулакова	90	10	0,04	7,8	440	980
5.	ул. Красный Октябрь	37,4	62,6	0,06	73,8	430	1161
6.	ул. Литовская	42,6	57,4	0,03	63,5	340	1670

Выбрать водосборы с одной типичной урбанизированной функциональной зоной практически невозможно из-за разноэтажности застройки и несовпадения ее границ с водосборами и их водораздельными границами. Поэтому мы произвели выделение репрезентативных экспериментальных водосборов для наблюдения за поверхностным стоком по определенным критериям. Это пло-

щадь, перепад высот, угол наклона водосбора, длина, ширина и соотношение функциональных зон.

На первых четырех водосборах производились систематические гидрологические и гидрохимические наблюдения. На пятом и шестом производились непостоянные измерения расходов и отбор проб воды на гидрохимические анализы (рис. 1).



Рис. 1. Местоположение экспериментальных стоковых водосборов

Парки, скверы, лесные урочища, в пределах города мы не учитывали. Сток на этих территориях в наименьшей степени подвержен трансформации.

По сезонам года можно выделить два периода увеличения концентраций загрязняющих веществ. Первый пик увеличения концентраций загрязняющих веществ в ливне стоках проявляется весной во время таяния снега и льда на урбанизированных водосборах. Это обусловлено тем, что накопившиеся в зимний

период нефтепродукты, тяжелые металлы, фенолы, фосфаты растворяются и вместе с взвешенными веществами талым местным стоком доставляются в реки, пруды, озера. Второй пик увеличения концентрации загрязняющих веществ, поступающих с поверхностным стоком с урбанизированных территорий г. Курска приходится на период формирования дождевого ливневого стока в теплый период года.

Содержание растворенных веществ в ливневом стоке с урбанизированных территорий несколько уступает содержанию в талом снеговом стоке. Объясняется это тем, что в зимний период происходит накопление химических элементов в течение более продолжительного времени. Летом же, во время выпадения ливней, происходит периодический смыв их с водосбора. Чем чаще наблюдаются интенсивные ливни, тем меньше концентрации растворенных и взвешенных веществ в ливневом стоке (рис. 2).

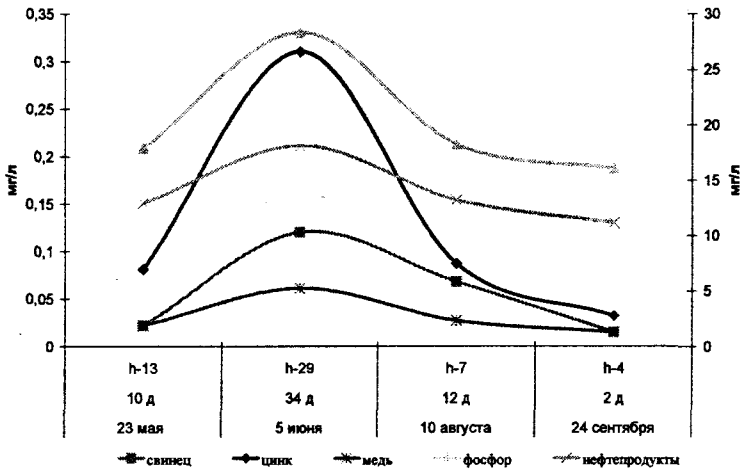


Рис. 2. Зависимость концентраций загрязняющих веществ в теплый период года от продолжительности предшествующего ливню сухого периода на ул. Перекальского (2004 г.).

Из рисунка 2 видно, что в теплый период 2004 года максимальных концентраций загрязняющие вещества в поверхностном стоке с урбанизированных территорий достигают 5 июня. Этому способствует длительное время накопления загрязняющих веществ на водосборе. После продолжительного сухого периода наблюдаются максимальные осадки, их слой составляет 29 мм. Минимальных значений концентрации загрязняющих веществ в поверхностном стоке отмечены 24 сентября. Это связано с тем, что территория водосбора была промыта выпавшими 22 сентября осадками, и на ней практически не успело про-

изойти накопления загрязняющих веществ. Период накопления составляет всего 2 дня.

Для оценки влияния местного поверхностного стока на реки мы провели расчет суммарного выноса массы изученных загрязняющих веществ в реки. Для расчетов использовали наблюдения на экспериментальных стоковых водосборах, в замыкающих створах которых были проведены замеры расходов воды и отбор гидрохимических проб.

Из таблицы 2 видно, что максимальный вынос взвешенных веществ происходит на водосборах №2 и №3. Это обусловлено тем, что через эти малые стоковые водосборы проходят основные транспортные потоки г. Курска и на территории этих водосборов существует плотная застройка (ул. Никитская, ул. Хуторская, ул. Карла Маркса, ул. В. Луговая, ул. Дружининского). Вследствие этого на дорожное полотно выносятся большое количество почвенной и песчаной массы, которая в последующем транспортируется в реки поверхностным стоком.

Наибольший вынос нефтепродуктов отмечен нами в период исследований на водосборах №1, №3, №4. Обусловлено это тем, что через водосбор №1 (ул. Перекальского) осуществляется въезд в центральную часть города с восточного направления. На водосборе №3 проходит одна из главных транспортных улиц города, ул. Дзержинского. На ней очень часты пробки и аварии. Водосбор №4 располагается в левобережье р. Сейм, через него осуществляется въезд в город с южного направления.

Таблица 2

Расчет массы загрязняющих веществ, вынесенных временными водотоками с малых стоковых водосборов за 2003 год

№ водосбора	Период года	Ср. концентрация, мг/л					Q _{ср.} , м ³ /с	W _{ср.} , тыс. м ³	Масса вещества, вынесенного за период стока, т					
		Взв. веш.	Нефтепр.	Фосфор	Свинец	Цинк			Взв. веш.	Нефтепр.	Фосфор	Свинец	Цинк	Всего
№1	Весен.	5777	42,0	0,32	0,10	0,12	0,051	6,3	36,3	0,26	0,002	0,0006	0,008	36,57
	Лет.	981	16,8	0,90	0,015	0,32	0,044	2,8	2,7	0,047	0,002	0,00004	0,0008	2,74
№2	Весен.	12602	63,2	0,50	0,08	0,09	0,04	5,0	63,0	0,31	0,005	0,0004	0,0005	63,31
	Лет.	1100	14,0	4,8	0,014	0,015	0,032	2,0	2,2	0,03	0,009	0,00003	0,00003	2,24
№3	Весен.	4000	54,8	0,32	0,07	0,13	0,06	7,5	30,0	0,41	0,002	0,0005	0,0003	30,41
	Лет.	1076	16,6	0,8	0,03	0,35	0,05	3,2	3,4	0,05	0,002	0,00009	0,001	3,45
№4	Весен.	4930	34,1	0,65	2,3	0,12	0,03	3,7	18,2	0,12	0,002	0,008	0,0004	18,33
	Лет.	780	12,4	0,72	1,43	0,08	0,025	1,6	1,2	0,2	0,001	0,002	0,0002	1,40
Сумма								32,1	157	1,427	0,025	0,01166	0,0112	158,47

Масса фосфора вынесенного с водосборов, практически одинакова. Исключение составляет водосбор №2. Это связано с тем, что в центральной и нижней частях водосбора располагаются индивидуальные строения с приусадебными участками.

Масса свинца, вынесенного с экспериментальных водосборов, изменяется незначительно. Исключение составляет водосбор №4. Это связано с тем, что он расположен в непосредственной близости от завода по производству аккумуляторов.

Итак, объем поверхностного стока, образующегося за весенний период на экспериментальных водосборах, больше, чем за теплый. Основная масса загрязняющих веществ, выносимая в реки поверхностным стоком с экспериментальных стоковых водосборов, поступает в весенний период. Для оценки влияния урбанизированных частей водосборов на реки Сейм, Тускарь, Кур гидрохимические и гидрологические характеристики наших малых стоковых водосборов были распространены на всю территорию города и применены при последующих расчетах.

Вычислив средние показатели гидрохимического стока по частным водосборам рек, был рассчитан суммарный вынос загрязняющих веществ с урбанизированной территории г. Курска (табл. 3).

Основную массу загрязняющих веществ, поступающих от диффузных источников с урбанизированных частей водосборов в русла каждой из рек, так же как и с малых стоковых водосборов, составляют взвешенные вещества – свыше 99% и нефтепродукты – около 0,5%. На остальные изученные нами загрязняющие вещества приходится около 0,5% от суммарного выброса.

Таблица 3

Суммарный вынос растворенных загрязняющих веществ с урбанизированной части г. Курска

Вещество	Весна М (т)	Лето М (т)	Всего М (т)	% от общей массы
Взвешенные вещества	17817	1194	19011	99,4
Нефтепродукты	90,6	17,2	108	0,5
Фосфор	1,17	2,07	3,24	0,01
Свинец	1,63	0,42	2,05	0,01
Цинк	0,81	0,22	1,03	0,005
Всего	17911	1213,9	19125	100

В среднем за год с урбанизированной территории в реки поступает около 19 тысяч тонн различных загрязняющих веществ, никем не учитываемых и не контролируемых. Для того чтобы иметь объективную оценку, мы сравнили массу поступающих загрязняющих веществ с урбанизированной территории от диффузных источников с массой загрязняющих веществ, поступающих в реку Сейм от очистных сооружений ПУ ВКХ водоканал г. Курска (точечный источник загрязнения) за тот же год (табл. 4).

Соотношение годового выноса загрязняющих веществ диффузными и точечными источниками загрязнения (в тоннах)

Вещество	Диффузные источники	ПУ ВКХ г. Курска
Взвешенные вещества	19011	177
Нефтепродукты	108	1,7
Фосфор	3,24	31,8

Данная таблица показывает соизмеримость и даже превышение массы загрязняющих веществ, поступающих от диффузных источников загрязнения. В реки в различные периоды гидрологического года происходит поступление загрязняющих веществ. Учет, и оценка влияния поступающих с урбанизированных частей водосборов рек загрязняющих веществ никем не производится.

Таким образом, проведенные нами исследования доказывают необходимость канализации ливневочных вод и их очистки до поступления в речную сеть.

2. Оценка вклада поступающих с урбанизированных территорий г. Курска адсорбированных на взвешенных наносах загрязняющих веществ в загрязнение поверхностных вод.

Поверхностный сток, образующийся на водосборных территориях города, насыщен взвешенными веществами и адсорбированными на них различными загрязняющими веществами.

Часть загрязняющих веществ в поверхностном стоке транспортируется в растворенном виде, а часть в адсорбированном на наносах и взвесах виде. Расчет объема поступающих загрязняющих веществ с урбанизированной территории показал, что около 99% поставляемых в реки загрязняющих веществ составляют взвешенные вещества. Такое количество взвешенных веществ в поверхностном стоке на территории города объясняется внесением в зимний период на дорожное полотно противогололедной смеси, в состав которой входит песок, слабой эрозионной устойчивостью почво-грунтов урбанизированных территорий в сочетании с высоким коэффициентом стока.

Попадая в реки, взвеси с адсорбированными загрязняющими веществами участвуют в образовании донных отложений, которые в свою очередь играют важную роль во вторичном загрязнении. Поэтому необходимо проводить учет загрязняющих веществ и элементов не только растворенных в воде, но и адсорбированных на взвесах.

Для наглядного примера возьмем гидрохимические показатели водосбора № 1 (ул. Перекальского, апрель 2005 г.). В растворенном стоке с этого малого стокового водосбора отмечены высокие концентрации таких элементов как азот аммонийный и нитритный, фосфор, железо общее, медь, цинк, кобальт, хром, никель, нефтепродукты. Концентрации всех отмеченных веществ превышают ПДК до 10-50 раз, а по нефтепродуктам до 400 раз.

Концентрация взвешенных веществ составляет около 5000 мг/л, что составляет около 98% от общей массы загрязняющих веществ.

Для сравнимости содержания адсорбированных на взвесах загрязняющих веществ с растворенными веществами, обнаруженными в поверхностном стоке, мы пересчитали их концентрации из мг на 1кг взвеси в мг на 1л стока. В результате были получены данные, которые можно сравнивать (табл. 5).

Таблица 5

Содержание загрязняющих веществ растворенных и адсорбированных на взвешенных веществах в стоке с водосбора №1, апрель 2005г.

Содержание загр. веш.	Cu	Fe	Ni	Co	Cr	Zn	Pb	N	Неф.
адсорбированных на взвеси в мг/кг	18,0	60,0	3,0	11,0	4,0	32,0	5,0	0,5	2,3
адсорбированных на взвеси в мг/л	0,09	0,3	0,015	0,055	0,02	0,16	0,02	2,8	11,4
растворенных в мг/л	0,05	29,2	0,03	0,02	0,05	0,14	0,09	4,83	39,4
суммарное, мг/л	0,14	29,5	0,045	0,075	0,07	0,3	0,11	7,63	50,8
ПДК	0,001	0,1	0,01	0,01	0,02	0,01	0,1	0,0	0,05

Из таблицы 5 видно, что если не принимать во внимание химический состав взвесей, то с водосбора не учитывается вынос в реку более 20 % нефтепродуктов, 30% азота, и около 50% тяжелых металлов. Причем, чем больше концентрация взвешенных веществ, тем, естественно, выше содержание адсорбированных на взвесах загрязняющих веществ. Это характерно для всех точек независимо от сезона года, где производился отбор проб.

В период формирования ливневого стока было выявлено, что на взвесах переносится около 30-40%, а в некоторых случаях и до 60% от массы растворенных в воде загрязняющих веществ.

Усреднив концентрации тяжелых металлов по водосборам рек, мы произвели годовой расчет выноса тяжелых металлов, адсорбированных на взвесах, для каждого водосбора (табл.6).

Таблица 6

Суммарный вынос некоторых загрязняющих веществ, адсорбированных на взвесах с урбанизированных частей водосборов рек (т/год)

Водосбор	Взвешенные (т)	Ni	Co	Cr	Cu	Pb	Zn	Fe	N	Нефте продукты
р. Кур	5404	0,016	0,052	0,03	0,094	0,12	0,167	0,32	86,3	12,4
р. Тускарь.	9360	0,03	0,093	0,05	0,166	0,24	0,29	0,52	149,7	20,8
р. Сейм.	4247	0,011	0,046	0,016	0,07	0,41	0,12	0,24	67,8	9,7
Всего	19011	0,057	0,191	0,096	0,33	0,77	0,577	1,08	303,8	42,9

Эти данные доказывают, что при расчете гидрохимического баланса урбанизированной территории необходимо учитывать не только концентрации растворов, но и химический состав взвесей.

Для снижения негативного воздействия поверхностного стока с урбанизированной территории на реки в первую очередь необходимо обеспечить удаление взвесей.

3. Оценка влияния роли адсорбированных на взвешенных наносах загрязняющих веществ во вторичном загрязнении рек г. Курска.

Значительная часть загрязняющих веществ адсорбированных на взвесах накапливаются в пойменных и донных отложениях. Именно они играют решающую роль во вторичном загрязнении.

Для изучения этого процесса был проведен анализ данных гидрохимических наблюдений на пике половодья 2006 г. в период, когда с территории города сток уже прекратился. Мы проследили, как изменяются концентрации загрязняющих веществ в руслах рек урбанизированной территории г. Курска.

Пик половодья в 2006 году на р. Сейм и р. Тускарь наступил после того, как прекратился сток с городской территории. Основная часть талых вод поступила в реки в результате таяния снега за пределами городской черты – на полях и в лесах (рис. 3).

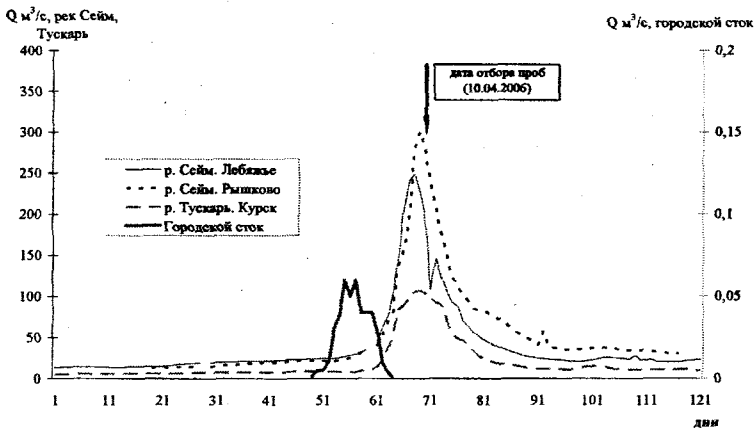
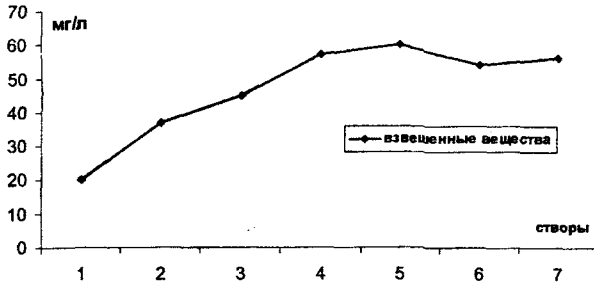


Рис. 3. Распределение по времени стока весеннего половодья

Из рис. 3 видно, что пик городского стока приходится на конец зимней межени, а окончание городского стока — на начало половодья на реках Сейм и Тускарь.

На рис. 4 показано, как изменяются концентрации взвешенных веществ по течению рек Сейм, Тускарь и Кур через город. В фоновых створах (Виногробль устье; Сейм — Лебязье; Тускарь — Щетинка), расположенных выше г. Курска, концентрации взвешенных веществ составляют 20, 37 и 45 мг/л. В створах,

расположенных ниже города, концентрации увеличиваются до 54–56 мг/л. То есть максимальные концентрации наблюдаются в створах, расположенных в черте города и ниже по течению.



1 – р. Виногробль, устье; 2 – р. Сейм, Лебязье; 3 – р. Тускарь, Щетинка; 4 – р. Тускарь, выше устья р. Кур; 5 – р. Тускарь, ниже устья р. Кур; 6 – р. Тускарь, устье; 7 – р. Сейм, Анахино

Рис. 4. Концентрация взвешенных веществ в реках на пике весеннего половодья

Почти аналогично выглядит ситуация с тяжёлыми металлами и некоторыми другими анализируемыми нами веществами в поверхностных водах рек г. Курска (рис. 5). В фоновом створе (Тускарь выше Курска, Щетинка) концентрации меди, цинка и хрома относительно невелики, ниже по течению они увеличиваются (особенно в результате поступления вод из устья реки Кур), ещё ниже по течению концентрации немного уменьшаются из-за разбавления. Но всё же наблюдается общая тенденция увеличения концентраций тяжелых металлов по течению рек через город.

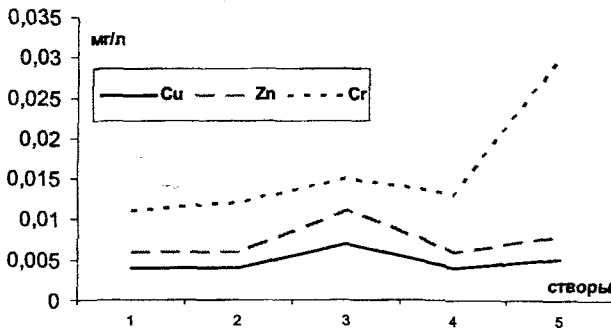


Рис. 5. Концентрации тяжелых металлов в реках на пике весеннего половодья (обозначения створов на рис. 4)

Эти данные свидетельствует о том, что даже в момент прекращения стока с урбанизированной территории на пике весеннего половодья происходит уве-

личение концентраций загрязняющих веществ за счет вымывания последних из донных отложений и смыва загрязняющих веществ с поймы. Поэтому даже в период повышенной водности, протекая через территорию г. Курска, поверхностные воды испытывают существенное изменение качества за счет вторичного загрязнения. В период зимней и летней межени в результате различных биохимических реакций адсорбированные в донных отложениях загрязняющие вещества переходят из адсорбированного состояния в растворённое, вызывая тем самым вторичное загрязнение речных вод.

Установление нами ухудшения качества поверхностных вод в черте и ниже города, но выше очистных сооружений в меженный период, при отсутствии поверхностного стока, является существенным доказательством загрязнения рек за счет вторичного загрязнения на урбанизированной территории.

4. Результаты оценки экологических рисков, возникающих под влиянием урбанизированной территории в реках.

Проведенные нами гидрохимические и гидробиологические исследования показали изменение качества поверхностных вод и трансформацию речных гидробиоценозов в пределах урбанизированных территорий и ниже г. Курска. Наличие качественных изменений очевидно, но современные методы исследований требуют получения более информативной, количественной оценки. Для этого в мировой практике, а также в исследованиях российских ученых используется методика расчетов экологических рисков.

На основании данных нашего исследования, были определены горячие точки – точечные и диффузные источники загрязнения, влияющие на экологически чувствительные зоны реки. Для р. Сейм такими точками являются совокупность диффузных источников урбанизированных территорий г. Курска и точечный источник, водовыпуск очистных сооружений производственного управления водопроводно-канализационного хозяйства (ПУВКХ) города Курска.

Для оценки в качестве индикаторов риска согласно методике принимаются следующие показатели:

1. Индекс сапробности S для водной фауны, 2. Соотношение количества видов (групп) водной фауны (ТВИ), 3. Олигохетный индекс бентоса, 4. Индекс сапробности S для рыб, 5. Индекс сапробности S для высшей водной растительности, 6. Число видов (групп) высшей водной растительности.

Воспринимаемые воздействия связаны с загрязняющими веществами, поступающими с урбанизированных территорий в реку, а также с вторичным загрязнением из донных отложений.

На рис. 6–8 представлены результаты определения основных используемых показателей состояния р. Сейм, а также – полученные на их основе значения риска загрязнения рек и деградации речных экосистем.

Биотический индекс ТВИ в целом отражает основную тенденцию снижения качества воды ниже крупных источников загрязнения (рис.6). При этом наиболее высокие значения индекса (ТВИ=6), свидетельствующие о сравни-

тельно благополучном состоянии, обнаружены на участке р. Сейм выше г. Курска.

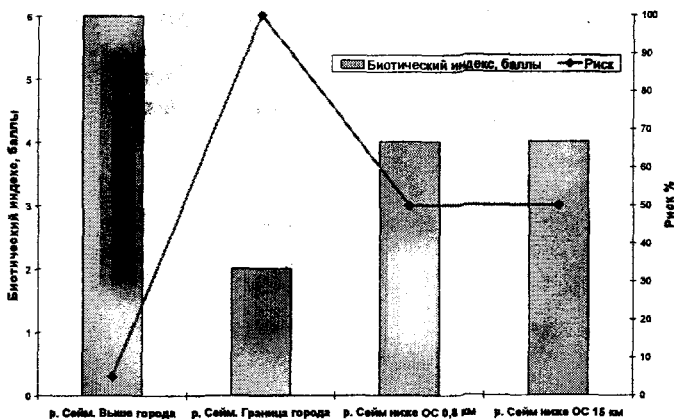


Рис.6. Оценка загрязнения и риска деградации речной экосистемы с помощью биотического индекса (ТБИ) по результатам исследования Сейма в августе 2002 г.

Наименьшим значением индекса – 2 («очень грязно») характеризовался участок р. Сейм ниже Курска, но выше очистных сооружений; ниже очистных сооружений города ТБИ принимает более высокое значение – 4 («грязно»). На урбанизированной территории в реки поверхностным стоком поставляются различные загрязняющие вещества. Часть из них проходит по реке транзитом, а часть оседает на дне. Если учесть то, что в период обследования поверхностный сток с урбанизированных территорий не наблюдался, то можно с уверенностью сказать, что ухудшение экологического состояния водотоков связано с вторичным загрязнением.

Также видно, что значения степени риска загрязнения и деградации речных экосистем в целом соответствуют биотическому индексу, на основе которого они рассчитываются (так что это соответствие вполне естественно); коэффициент корреляции $r = -0,97$. Разница в данном случае заключается в том, что показатель риска изменяется более резко, чем биотический индекс, особенно вблизи критического значения ТБИ (принятого, в соответствии с методикой, равным 4). Такое свойство показателя риска делает его удобным, наглядным «сигнализатором» критических изменений в экосистеме.

По степени развития зообентоса в Сейме выделяются станции ниже г. Курска и очистных сооружений (рис.7). Здесь многократно, в сравнении с фоновым створом, происходит постепенное увеличение биомассы организмов, прежде всего моллюсков – до $4,6 \text{ кг/м}^2$.

Это объясняется поступлением большого количества органического вещества, служащего пищей для донных организмов, с урбанизированной территории, на которой располагаются неорганизованные свалки бытового мусора,

выгребные ямы, огороды и дачи. Увеличение биомассы зообентоса в створе очистных сооружений связано с повышенным содержанием органики в сточных водах.

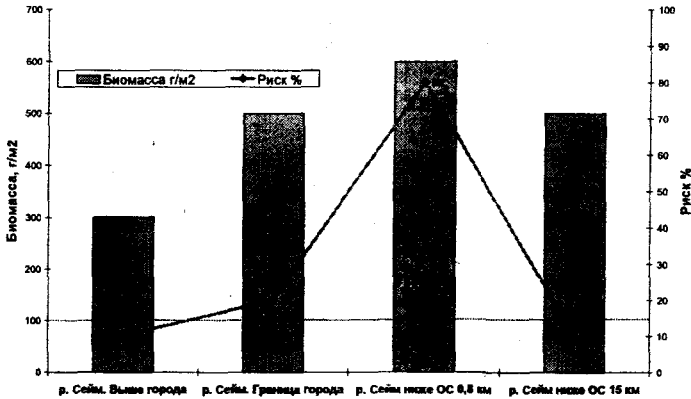


Рис. 7. Биомасса зообентоса и риск деградации речной экосистемы по результатам исследования р. Сейм в августе 2002 г.

Значения риска превышения критической величины биомассы зообентоса (принятой равной 100 г/м^2) соответствуют значениям самой биомассы ($r = 0,66$) и, следовательно, отражают количественные изменения биоценозов при загрязнении реки органическими веществами. Вероятность осуществления риска в створе сразу ниже г. Курска достигает 20%.

Олигохетный индекс в целом отражает аналогичную тенденцию (рис.8).

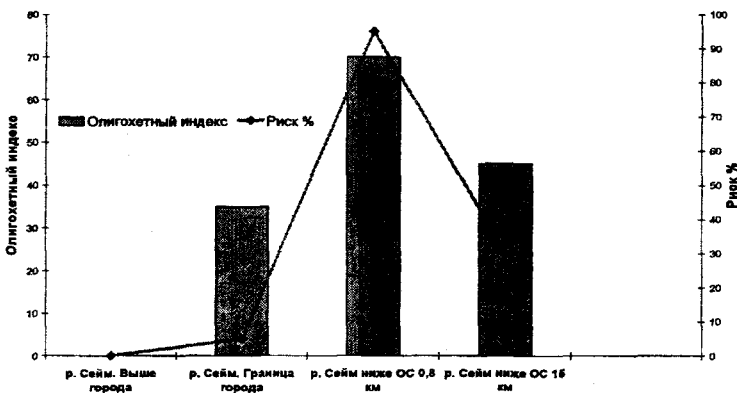


Рис.8. Оценка загрязнения и риска деградации речной экосистемы с помощью олигохетного индекса по результатам исследования р. Сейм в августе 2002 г.

Степень риска начинает возрастать сразу за чертой города, а на участке р. Сейм ниже очистных сооружений достигает максимального значения (95 %).

Степень сапробности речных вод по зообентосу показала, что значения индексов сапробности укладываются в пределы б-мезасапробной зоны (зоны умеренного загрязнения). Все они значительно меньше критического уровня, мало изменяются от станции к станции, и, более того – эти изменения чаще происходят в противоположном ожидаемому, направлении. То есть индекс сапробности оказались малоинформативным.

В табл. 10 собраны подсчитанные нами значения риска загрязнения – по всем рассматриваемым показателям и для всех участков реки. Видно, что наибольший риск характерен в отношении фосфатов и нитритов, а также биотического и олигохетного индексов. Мал или отсутствует риск по кислороду, нитратам, индексам сапробности.

Таблица 10

Результаты определения риска загрязнения рек и деградации водных экосистем по гидробиологическим и гидрохимическим показателям в августе 2002 г.

Вид риска (загрязнения, деградации), определяемого по отдельным показателям	р. Сейм. Выше города.	р. Сейм. Нижняя граница города	р. Сейм. 0,8 км ниже ОС	р. Сейм. 1,5 км ниже ОС
Биотический индекс	0	100	50	50
Олигохетный индекс	0	5	95	30
Индекс сапробности	0	0	0	0
O ₂	0	0	0	0
Фосфаты	55	50	100	95
Нитриты	0	50	100	80
Нитраты	0	15	35	45
Среднее	10	30	55	45

Примечание: в таблице приведены округленные величины риска в %; высокие значение 50 % и более – выделены.

Подводя итог, можно сказать, что резкое ухудшение качества поверхностных вод наблюдается сразу ниже черты города. В качественном изменении состава поверхностных вод велико значение вторичного загрязнения. Вероятность осуществления экологического риска ниже города соизмерима с вероятностью осуществления экологического риска ниже очистных сооружений.

5. Рекомендации по организации и проектированию водоохраных зон и прибрежных защитных полос, системы природоохранных мероприятий с целью сокращения загрязнения поверхностных вод.

Системы отвода дождевых вод должны служить логическим продолжением существующей гидрографической сети и не нарушать природных процессов, протекающих в водных объектах.

В 2003 г. нами совместно с компанией «Стройинвестиция» было выполнено проектирование водоохраных зон и прибрежных защитных полос рек Сейм и Тускарь. Работа проведена в несколько этапов.

В ходе рекогносцировочного обследования территории, попадающей в водоохранную зону, было выявлено 65 объектов, оказывающих негативное влияние на реки и их водоохранные зоны (несанкционированные свалки, незаконное строительство и разработка песчаных карьеров, прокладка дорог тяжелым грузовым транспортом без твердого покрытия, наличие незатампонируемых скважин закрытых водозаборов и т. д.).

На территории поймы были определены участки подверженные затоплению водами весеннего половодья 10% повторяемости. Эти территории были включены в водоохранную зону (Рис. 9).



Рис. 9. Водоохранная зона участка р. Сейм в районе урочища Солянка

Разработанные нами в ходе исследования урбанизированных водосборов рекомендации были применены при организации ВЗ и ПЗП г. Курска. При проектировании граница водоохраных зон была в некоторых местах совмещена с зонами затопления 10% повторяемости. В результате ширина водоохранной зоны р. Сейма и Тускарь достигла местами 1,5–2,0 км вместо положенных 200–300 м.

Для уменьшения поступления в водный объект загрязняющих веществ необходимо максимальное осаждение твердого стока поступающего с урбанизированных территорий. Для этого необходимо организовывать соответствующие гидравлические режимы осаждения взвесей в отстойниках. Для интенсификации процесса осаждения взвешенных частиц можно использовать многокамерные отстойники.

В случаях, когда нет возможности установить отстойник такого типа или создать геохимический барьер, можно устанавливать отстойники с резервуаром успокоителем. Отстойник предназначен для очистки сточных вод от нерастворимых грубодисперсных примесей, взвешенных веществ и нефтепродуктов.

По конкретным загрязнителям снижение концентраций происходит: нефтепродуктам от 84,9 до 95 %; БПК5 - от 90 до 96,8%, аммонийному азоту - от 70 до 72%; фенолам - от 87,9 до 96%; взвешенным веществам - от 95,5 до 98,2%. Несмотря на значительное снижение первоначальных концентраций загрязняющих веществ, на выходе из отстойника-резервуара не прогнозируется их снижение до ПДК при максимальных и средних концентрациях загрязняющих веществ в стоках.

Анализ литературы и опытные натурные работы показали, что не везде целесообразно применять отстойники. В тех местах, где поверхностный сток не несет нефтепродуктов, тяжелых металлов, фенолов можно применять простейшие геохимические барьеры, организуя прохождение ливнесточных и талых вод через древесно-кустарниковую растительность. Использование барьеров приводит к существенному снижению концентраций загрязняющих веществ в поверхностном стоке.

Однако, на геохимических барьерах, при перегрузке экосистем может произойти вторичное загрязнение. Поэтому при организации барьеров необходимо учитывать весь ряд физико-географических и геохимических факторов.

Задача оптимального выбора параметров резервуара состоит в обеспечении максимальной экологической безопасности поверхностных водоемов при минимальных размерах и затратах.

Для снижения негативного воздействия на водотоки города Курска и вероятности возникновения вторичного загрязнения необходимо осуществлять работу в следующих направлениях:

1. Усовершенствование городской водосборной системы канализации. Необходимо по возможности направить ливнесточные, поливомоечные и талые воды с городской территории в городской коллектор. В тех местах, где это не представляется возможным сделать, следует установить отстойники и фильтры. Это позволит избежать накопления загрязненных донных отложений в руслах рек и, следовательно, вторичного загрязнения.
2. Создание геохимических барьеров и буферных зон. Это приведет к частичной нейтрализации загрязняющих веществ на водосборе и позволит значительно снизить антропогенную нагрузку на реки и их водосборы.
3. При организации водоохраных зон необходимо совмещать их с зонами затопления 10% повторяемости весеннего половодья.

4. Рекультивация земель. По берегам рек в пределах водоохраных зон (ВЗ) и прибрежных защитных полос (ПЗП) расположены свалки, грунтовые дороги, на которых необходимо в дальнейшем провести работы по восстановлению почвенного покрова.
5. Берегоукрепительные мероприятия. В местах интенсивной рекреационной и эрозийной нагрузки необходимо произвести комплекс лесопосадочных мероприятий, которые снизят, а в некоторых случаях и прекратят разрушение берегов в пределах ПЗП.
6. Периодический мониторинг ВЗ и ПЗП. Позволит объективно оценивать ситуацию, происходящую на урбанизированных водосборах. Поможет в дальнейшем разработать новые подходы по организации природоохранной деятельности на территории ВЗ и ПЗП.

Спустя три года после первых обследований и работ по организации водоохраных зон, ситуация в тех местах, где были учтены наши рекомендации, намного улучшилась. На территории вошедшей в ВЗ и ПЗП были убраны неорганизованные свалки. Часть несанкционированных дорог была закрыта. На территории, вошедшей в ПЗП, было остановлено строительство коттеджей. С водосборов стало меньше поступать загрязняющих веществ.

Основные выводы и предложения.

На основании выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Урбанизированные территории г. Курска оказывают негативное воздействие на поверхностные водотоки, так как образующийся здесь поверхностный сток поставляет в реки за год около 19 тысяч тонн различных загрязняющих веществ. Основную долю загрязняющих веществ, поступающих с урбанизированных водосборов в русла рек, составляют взвешенные вещества (свыше 99%) и нефтепродукты (около 0,5%). На остальные загрязняющие вещества приходится около 0,5%, от суммарного выноса. В результате в реках во много раз увеличиваются концентрации большинства загрязняющих веществ, превышающие ПДК.
2. Загрязнение, поступающее в реки с урбанизированных водосборов от диффузных источников соизмеримо, а зачастую даже превышает массу загрязняющих веществ поступающих в реки от контролируемых точечных источников. Влияние диффузных источников на реки ни кем не контролируется и не учитывается.
3. Значительная часть загрязняющих веществ с урбанизированных водосборов поступает в реки и на пойму адсорбированными на транспортируемых водными потоками взвешенных веществах. Таким образом переносятся более 20% нефтепродуктов, 30% азота, и около 50% тяжелых металлов.
4. Отложившись в русле и на пойме реки, взвешенные наносы, определяют характер вторичного загрязнения в период летней, зимней межени и весеннего половодья, увеличивая концентрации вредных примесей в реках. Это показали

гидрохимические наблюдения в створах рек Сейм и Тускарь, расположенных в черте и ниже г. Курска.

5. Рассчитанные по гидрохимическим и гидробиологическим показателям экологические риски констатируют резкое ухудшение качества вод и состояния водных биоценозов р. Сейм в створе, располагающемся ниже города, но выше очистных сооружений ПУВКХ г. Курска. Свершившийся риск по биотическому индексу (ТБИ) (100%) в створе ниже города доказывает экологическую значимость загрязняющих веществ, поступающих от диффузных источников с урбанизированной территории г. Курска.
6. При проектировании, границ водоохраных зон их необходимо совмещать с зонами затопления водами весеннего половодья 10% повторяемости. Совмещение ВЗ р. Сейма и Тускарь с зоной затопления увеличило ее ширину до 1,5 – 2,0 км, и позволило создать на пойме более эффективные буферные зоны.
7. С учетом взаимодействия урбанизированной территории с водоохраными зонами и прибрежными защитными полосами разработаны рекомендации и внедрена система природоохранных мероприятий для изученных участков рек. Проведенные исследования позволяют применять разработанные рекомендации для любых урбанизированных территорий Российской Федерации.

Список основных публикаций по теме диссертации

1. Кумани, М.В. Баланс растворенных и адсорбированных на взвешенных наносах загрязняющих веществ урбанизированных водосборов / М.В. Кумани, А.А. Борзенков, Ю.А. Соловьева // Вестник ВГТУ. Т. 3. № 2. 2007 С 12-21.*
2. Борзенков, А.А. Характеристика весеннего поверхностного стока г. Курска / А.А. Борзенков // IV региональная научно-практическая конференция студентов. – Воронежский госпединститут. – 2003. – С. 134- 136.
3. Борзенков, А.А. Оценка экологического состояния урбанизированных речных бассейнов г. Курска / А.А. Борзенков / Эколого-географические исследования в речных бассейнах // ВГПУ. – 2004. – С. 109-111.
4. Борзенков, А.А. Влияние поверхностного стока урбанизированных территорий на русловые процессы (на примере г. Курска) / А.А. Борзенков // Эрозионные, русловые процессы и проблемы гидроэкологии / Материалы V семинара молодых ученых вузов объединяемых советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – Москва: МГУ, 2004. – С. 55-57.
5. Борзенков, А.А. Влияние твердого стока с урбанизированных территорий на русла рек / А.А. Борзенков // XIX пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – Белгород, 2004. – С. 68-69
6. Борзенков, А.А. Особенности соотношения растворенных и взвешенных веществ ливневочных вод урбанизированных территорий / А.А. Борзенков, М.В. Кумани // XX пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – Ульяновск, 2005. – С. 121-123.

7. Борзенков, А.А. Трансформация стока на урбанизированных территориях и его влияние на реки / А.А. Борзенков // Геоэкологические исследования Курской области. – Курский госуниверситет, 2005. – С. 117-125.
8. Кумани, М.В. Баланс растворенных и адсорбированных на взвешенных наносах загрязняющих веществ урбанизированных водосборов / М.В. Кумани, А.А. Борзенков, // XXI пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – Чебоксары, 2006. – С. 136-138.
9. Кумани М.В. Динамика изменения элементов городских геосистем в современных социально-экономических условиях / М.В. Кумани, О.П. Лукашова, А.А. Борзенков, Ю.А. Соловьева / Материалы VIII Региональной науч.-практ. конференции РГНФ: в 2 ч. Ч 2. – Курск: Изд-во Курск. гос. ун-та, 2006. – С 91–97.
10. Kumani, M. V. Influence of urbanized territories of Kursk on the condition of superficial currents / M. V. Kumani, A. A. Borzenkov // Importance of Science Education in the Light of Social and Economic Changes in the Central and East European Countries: The Materials of the IV IOSTE Symposium for Central and East European Countries. – Kursk: KSU, 2003. P 276–278.

Примечание: *статья опубликована в издании рекомендованном ВАКом