

ФГАОУ ВО

«Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

На правах рукописи

Павлюк Ярослава Валерьевна

Пространственно-временные закономерности функционирования
речных бассейнов на территории Белгородской области

Специальность 25.00.36 – геоэкология

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата географических наук

10 МАЙ 2017



Белгород – 2017

Работа выполнена на кафедре природопользования и земельного кадастра федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет».

Научный руководитель: **Лисецкий Федор Николаевич**
доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра; ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Официальные оппоненты: **Смолянинов Владимир Митрофанович**
доктор географических наук, профессор кафедры географии и туризма; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет»

Золотов Александр Иванович
кандидат географических наук, доцент кафедры географии и экологии естественно-географического факультета; ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный университет»

Защита диссертации состоится 6 июня 2017 г. в 13.00 часов на заседании Диссертационного совета Д 212.081.20 в Казанском (Приволжском) федеральном университете по адресу: 420097, г. Казань, ул. Товарищеская, д. 5, Институт экологии и природопользования КФУ, ауд. 315.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет». Электронная версия автореферата размещена на официальном сайте Казанского (Приволжского) федерального университета (<http://krfu.ru/>).

Ваши отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, Казанский (Приволжский) федеральный университет, отдел аттестации научно-педагогических кадров. Факс: (843)2337867. E-mail: 1aotdel@kpfu.ru

Автореферат разослан «20» апреля 2017 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук, доцент



Н.А. Важнова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время при рассмотрении проблем деградации окружающей среды все больше внимания уделяется трансформации речных систем, которые являются, с одной стороны, «ресурсной базой», а с другой, – приемниками многочисленных видов загрязнений. Жизнь рек зависит от процессов, протекающих непосредственно в пределах их водосборов. Интенсивное использование территории речных бассейнов в хозяйственном комплексе напрямую или опосредованно приводит к деградации рек. Так, за последние 200 лет на территории европейской части России протяженность гидрографической сети сократилась на 30-40% (Чендев, 2008). Истоки многих рек начинаются гораздо ниже того положения, которое они занимали в XVIII веке.

Пространственные особенности формирования стока воды являются прямым следствием пространственной неоднородности поверхности суши и климатических условий (Виноградов, 2008). Вместе с тем гидрологическая ситуация в значительной мере определяется историей хозяйственного использования бассейнов рек и водных ресурсов. Решение существующих эколого-гидрологических проблем невозможно без учета пространственно-временных закономерностей функционирования речных бассейнов.

Научно-обоснованная оценка и моделирование речного стока являются важным условием определения происходящих в настоящее время и ожидаемых изменений водных ресурсов и водного режима рек, а также выявления закономерностей этих изменений.

Механизм самовосстановления природной среды, когда нарушения ее структуры и функционирования еще не стали необратимыми, во многом остается неясным (Нефедова, 1977; Дашкевич, 1984; Арманд, 1988). Это указывает на необходимость оценки геоэкологической устойчивости геосистем к антропогенным нагрузкам. При выделении геосистем на основе бассейнового подхода территория расчленяется на водосборы определенных порядков, каждый из которых рассматривается как самостоятельная природная система, включающая в качестве элементов водосборы более низкого порядка.

Решению многофакторных задач комплексной оценки и прогнозирования состояния геосистемы, пространственной и временной координации информации о ней, способствует использование ГИС-технологий и дистанционного зондирования Земли, а также методов математического моделирования.

Цель работы – установить пространственно-временные закономерности функционирования речных бассейнов Белгородской области для геоэкологической оценки их устойчивости к проявлению деградационных процессов.

Основные задачи исследования.

1. Выявить особенности изменения протяженности речной и овражно-балочной сети с конца XVIII в. до начала XX в. в меняющихся климатических и природно-хозяйственных условиях.

2. Установить количественные связи между сложившейся структурной организацией водотоков и темпами изменения протяженности речной и флювиальной сети за двухсотлетний период в целях прогнозирования развития этих процессов.

3. Усовершенствовать методику моделирования и прогнозирования изменения речного стока в изменяющихся климатических и геоэкологических условиях с помощью нсйротехнологий.

4. Разработать новую методику оценки заиления рек на основе анализа распределения стока наносов в их бассейнах и транспортирующей способности водотоков.

5. Создать типологию устойчивости функционирования речных бассейнов к проявлению деградационных процессов на основе ретроспективного анализа их функционирования и интегральной оценки сложившейся природно-хозяйственной обстановки.

6. Предложить комплекс природоохранных мероприятий для бассейнов рек VI и VII порядков, учитывающий выявленные пространственно-временные закономерности функционирования водосборов.

Материал и методика исследования.

Теоретическо-методологической основой диссертационного исследования определена бассейновая концепция природопользования (Р. Хортон, Н.И. Маккавев, А.Д. Арманд, Ф.Н. Мильков, Ю.Г. Симонов, С.Я. Сергин, С.И. Зотов, Р.С. Чалов, Л.М. Корытный, И.П. Ковальчук, О.П. Ермоласв, В.М. Смольянинов и др.), с учетом бассейновой конфигурации ландшафтов (Ю.Г. Симонов, Т.Ю. Симонова, Р.С. Чалов, В.Н. Голосов, В.Н. Бевз, М.Д. Гродзинский и др.).

Методика оценки стока речных наносов представлена в работах как зарубежных ученых Milliman & Syvitski, 1992; Summerfield & Hulton, 1994; Harrison, 2000; Verstraeten & Poescu, 2001; Aalto, 2006; Molina, 2008; Yan, 2011; Wilkinson, 2014; Shi, 2014 и др.), так и отечественных (Лисицына, 1960; Бобровицкая, 1972 и др.). Методы расчета транспортирующей способности водотоков разрабатывали В.М. Маккавев (1940), М.А. Великанов (1949), Е.А. Замарин (1951), В.Н. Гончаров (1954), А.Н. Гостунский (1954), А.В. Караушев (1961), И.Ф. Карасев (1965) и др.

В работе использованы методы геоинформационно-картографического отображения историко-географических ситуаций на разновременных срезах и ГИС-моделирования природно-антропогенных условий. Оценку интенсивности эрозионно-аккумулятивных

процессов в речных бассейнах проводили на основе гидравлических расчетов, методик расчета смыва почвы и распределения стока речных наносов. Для создания математических моделей с целью прогнозирования изменений речного стока применяли методы линейного и нелинейного оценивания, анализ временных рядов, искусственных нейронных сетей.

В исследовании использованы фондовые материалы по климату, речному стоку, подземным водам, объемам водопотребления и водоотведения. Данные о загрязнении поверхностных вод получены из территориальных Отделов водных ресурсов Донского бассейнового водного управления, Центрально-Черноземного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Белгородского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Департамента природопользования и охраны окружающей среды, Управления Росприроднадзора по Белгородской области, Белгородского территориального центра государственного мониторинга геологической среды и водных объектов, Управления эксплуатации Белгородского водохранилища, справочников «Ресурсы поверхностных вод СССР». Данные дополнены авторскими материалами обследований водных объектов региона в 2007 - 2014 гг.

Ретроспективный анализ основан на фондовых материалах, военно-топографических картах 1880-х гг. (М 1:126 000), планах генерального межевания Курской и Воронежской губерний (М 1:84 000), специальной карте Европейской России (М 1:420 000), топографических картах (М 1:50 000, 1:25 000 и 1:10 000), а также космических снимках высокого (2 м, Google Earth) и среднего (25 м, Landsat) разрешения, данных о лесопокрытых площадях Белгородской области (Терехин, 2013).

Научная новизна работы.

На основе анализа разнопорядковой организации речной сети Белгородской области по топографическим картам М 1: 100 000 и другим разновременным источникам, с учетом установленных фрактальных размерностей речной и эрозийной сети, выявлены закономерности изменения протяженности речной и овражно-балочной сетей на протяжении двухсотлетнего периода.

Аргументирована детерминированность современного геоэкологического состояния бассейнов этапами их хозяйственного освоения и историей трансформации бассейновых ландшафтных систем с точки зрения их гидрофункционирования. Выявлены пространственно-временные закономерности формирования стока рек Белгородской области с учетом иерархических уровней бассейновой организации территории.

С учетом рекомендаций зарубежных ученых об особенностях использования нейронных сетей в целях моделирования водных потоков (Thirumalaiah & Deo, 1998;

Abrahart & See, 2000, 2002; See & Openshaw, 2000; Cameron et al., 2002; Pulido-Calvo & Portela, 2007; Makkeasorn et al., 2008) разработана методика нейросетевого прогнозирования среднегодовых расходов воды, учитывающая особенности прогнозирования для водотоков разных типов гидрофункционирования.

Предложена методика оценки заиления водотоков на основе расчета соотношения стока речных наносов и транспортирующей способности водотоков, базирующаяся на апробированных методах гидравлики, современных представлениях об эрозионно-аккумулятивных процессах и применимости дистанционных методов, методах анализа рельефа, позволяющая моделировать и прогнозировать экологическую напряженность на водосборах в зависимости от динамики речного стока.

Разработана типология устойчивости функционирования речных бассейнов к проявлению деградиционных процессов, основанная на ретроспективном анализе их функционирования и интегральной оценке сложившейся природно-хозяйственной обстановки.

Предложены авторские рекомендации по почвоводоохранному обустройству бассейнов рек, учитывающие выявленные пространственно-временные закономерности их функционирования.

Практическая значимость работы.

Результаты исследования, включая созданные тематические карты, могут быть использованы при разработке программ по сохранению рек региона, подготовке материалов по проектированию противозерозионных и лесомелиоративных мероприятий. Предпроектное обоснование водоохраных зон и прибрежных защитных полос передано Департаменту природопользования и охраны окружающей среды Белгородской области в качестве основы для контроля соблюдения водного законодательства.

Результаты исследований использованы в инновационных для территории Белгородской области проектах бассейнового природопользования, что подтверждается выданной автору справкой Департамента природопользования и охраны окружающей среды Белгородской области о внедрении научно-исследовательской работы.

Материалы диссертации вошли составной частью в отчеты по следующим научным проектам: Государственное задание «Космические и геоинформационные технологии мониторинга антропогенно преобразованных ландшафтов и разработка модели экологической оптимизации природопользования для обеспечения устойчивого развития региона» (№ гос. рег. 114062370006); грант РФФИ «Разработка региональных моделей бассейновой организации природопользования на основе оптимизационных методов и геоинформационного моделирования» (№ гос. рег. 01201265024); грант Президента РФ «Оценка состояния аграрно преобразованных ландшафтов на основе данных дистанционного зондирования Земли и геоин-

формационного моделирования» (№ гос. рег. 114121070017); муниципальные контракты 2012-2014 гг. по разработке проектов бассейнового природопользования в муниципальных районах Белгородской области (пример проекта размещен на геопортале ЦКП ФРЦ НИУ «БелГУ» по адресу maps.bsu.edu.ru/baskra/); грант по мероприятию 1.3.2. в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы «Оценка пространственно-временных закономерностей функционирования речных бассейнов для экологически устойчивого управления окружающей средой» (соглашение № 14.132.21.1387); грант РФФИ «Пространственно-временное моделирование водной эрозии почв средствами ГИС-технологий и оценка ее влияния на состояние малых рек в сложных геоморфологических условиях Центрально-Черноземного региона» (№ 16-35-00226).

Положения, выносимые на защиту:

1. Пространственно-временные закономерности сокращения протяженности водотоков, позволяющие прогнозировать направленность и темпы деградации гидрографической сети.
2. Методика моделирования и долгосрочного прогнозирования изменения стока рек с использованием искусственных нейронных сетей.
3. Методика оценки заиления рек на основе анализа распределения стока наносов в их бассейнах и транспортирующей способности водотоков.
4. Типология устойчивости функционирования речных бассейнов к проявлению деградационных процессов на основе ретроспективного анализа их функционирования и интегральной оценки сложившейся геоэкологической ситуации.

Достоверность и обоснованность. Методики опосредованы общепринятыми представлениями и построены на современных способах статистического анализа и геоинформационного моделирования, апробированы геоэкологической наукой. Идеи базируются на обобщении передового опыта отечественных и зарубежных ученых. Полученные в результате работы выводы подтверждаются результатами полевых исследований.

Личный вклад автора.

Диссертационная работа является самостоятельно выполненным научным трудом. Научные результаты, изложенные в диссертации, получены автором лично. Из научных трудов, опубликованных в соавторстве, в работе использованы лишь те идеи и положения, которые являются результатом личной работы соискателя.

Апробация работы.

Результаты исследования докладывались и обсуждались на научных и научно-практических мероприятиях: XXI пленарном межвузовском координационном совещании по проблеме эрозийных, русловых и устьевых процессов (Новочеркасск, 2007); VII и IX

семинарах молодых ученых вузов, объединяемых межвузовским координационным советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (Курск, 2008; Волгоград, 2012); Всероссийском конкурсе студенческих PR-просектов (Волгоград, 2008), Международных научно-практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых «Регион социально-географические аспекты» (Харьков, 2009; 2010); Всеукраинских конференциях с международным участием «Молодые ученые - географической науке» (Киев, 2010; 2011); Международных научных конференциях студентов и аспирантов «Географические исследования: история, настоящее, перспективы», посвященной памяти проф. Г.П. Дубинского (Харьков, 2011; 2012); Всероссийском смотре-конкурсе научно-технического творчества студентов вузов «Эврика-2012»; V Международной научной конференции «Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах» (Белгород, 2013 г.), областном молодежном конкурсе «Молодость Белгородчины» (Белгород, 2014).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 45 научных работ, в том числе 4 статьи в журналах, индексируемых в международных базах данных *Scopus* и *Web of Science*, 9 статей в журналах, рекомендованных ВАК, 2 монографии (в соавторстве). Получены 4 свидетельства о регистрации баз данных.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка из 352 наименований (из них 80 на английском языке). Основной текст диссертации изложен на 154 страницах машинописного текста и содержит 34 таблиц и 56 рисунков.

Благодарности. Автор выражает благодарность за научное руководство д.г.н., проф. Ф.Н. Лисецкому, а также всему коллективу Федерально регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов НИУ «БелГУ».

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность оценки функционирования речных бассейнов, сформулированы основные цели и задачи исследования, используемые материалы, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена методам исследования, используемым в диссертационной работе.

В разделе 1.1 рассмотрена методика ретроспективной оценки протяженности гидросети с использованием координации карт XVIII-XIX вв., современных космоснимков и

другой информации в единой геоинформационной системе на платформе *ArcGIS*. В качестве картографической основы для ретроспективных исследований выбран масштаб 1:100 000. Нами предложено использование фрактальной размерности густоты речной сети для координации разномасштабных данных. Фрактальная размерность обеспечила возможность оценки динамики водности региона в пределах двухсотлетнего периода по двум хроносрезам. Оценка развития овражно-балочной сети за последние два столетия проведена с использованием фрактальной размерности эрозионной сети, определенной по региональным исследованиям А.Г. Нарожней (2012).

Возможности ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования охарактеризованы *в разделе 1.2*. Показаны особенности использования цифровых моделей рельефа (ЦМР) для автоматизированного выделения разнопорядковых бассейновых структур. Продемонстрирован потенциал данных дистанционного зондирования (ДДЗ) высокого пространственного разрешения для анализа эрозионных форм. Выявлено, что снимки зимнего периода позволяют наиболее точно отобразить структуру ложбинной сети.

В разделе 1.3 дано описание параметров, используемых для оценки интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов в речных бассейнах. Приведена методика оценки расчета смыва почвы на основе универсального уравнения потерь почвы (*Universal soil loss equation*).

Анализ гидрологических рядов требует глубокой математической обработки, поэтому *в раздел 1.4* отдельно вынесена методика их статистического анализа современными методами. Он включает способ нормирования данных, результаты определения трендовых составляющих во временных процессах изменения водности рек. Описаны идентификация и группировка рек по сходным условиям формирования стока с применением метода разностных интегральных кривых. Представлена методика применения искусственных нейронных сетей для долгосрочного прогнозирования динамики речного стока.

Во второй главе проведена оценка динамики протяженности и густоты флювиальной сети Белгородской области.

В разделе 2.1 с помощью ГИС-анализа выявлена современная разнопорядковая структура речной сети Белгородской области, для чего была оцифрована речная сеть по топографической карте М 1:100 000 (состояние местности на 1982 г.). Установлено, что на указанном уровне генерализации по территории Белгородской области протекает 754 постоянных и временных водотоков (без учета порядков) общей длиной 5004 км (включая старицы и рукава). Всю территорию области можно представить бассейнами 11 рек: девять из которых – VI порядка, а две (Северский Донец и Оскол) – VII порядка. В области находятся истоки шести крупных рек, включая трансграничные реки. Речная сеть Белго-

родской области почти на 70% состоит из малых и самых малых водотоков I-II порядков. Анализ разнопорядковой организации водотоков в бассейнах крупных и средних рек позволил определить эффективность распределения наносов по звеньям речной сети.

В разделе 2.2 представлена оценка изменения русловой сети за последние два столетия, которая позволила выявить высокие темпы деградации рек на территории современной Белгородской области – в среднем 15 км/год. Установлено, что в конце XVIII в. длина речной сети на Белгородчине достигала 7907 км, однако к XX в. она сократилась почти на 39% – до 4789 км. Средняя оценка густоты речной сети Белгородской области, полученная автором, составляет – 0,18 км/км², при том, что в конце XVIII в. она составляла 0,29 км/км².

Определена значительная вариабельность изменения общей протяженности водотоков по бассейнам рек VI-VII порядков (22-79%). В первую очередь процессы деградации затронули водотоки I-IV порядков (малые и самые малые реки), что делает процесс сокращения рек особенно чувствительным для Белгородской области, где водотоки такого типа составляют 90% речной сети.

Использование ГИС-технологий и результатов фрактального анализа позволили воссоздать картину изменения густоты речной сети за прошедшие два столетия (рисунок 1). Интенсивность сокращения водотоков нарастает в направлении с запада на восток (в этом же направлении уменьшается и современная густота речной сети). Годовые суммы осадков в пределах области изменяются от более 600 до менее 550 мм в направлении с запада на восток. С конца XVIII в. до конца XX в. произошло снижение влагообеспеченности территории. Это более отчетливо отразилось на более засушливых территориях.

Исследуемые бассейны были разделены на две основные группы по характеру изменения протяженности речной сети в периоды с конца XVIII в. до конца XIX в. и с конца XIX в. по конец XX в. В восточной части региона представлено пять бассейнов рек VI-VII порядков, занимающие 45% территории области, с незначительными темпами деградации. Шесть бассейнов рек VI-VII порядков с высокими показателями деградации водотоков находятся на западе региона.

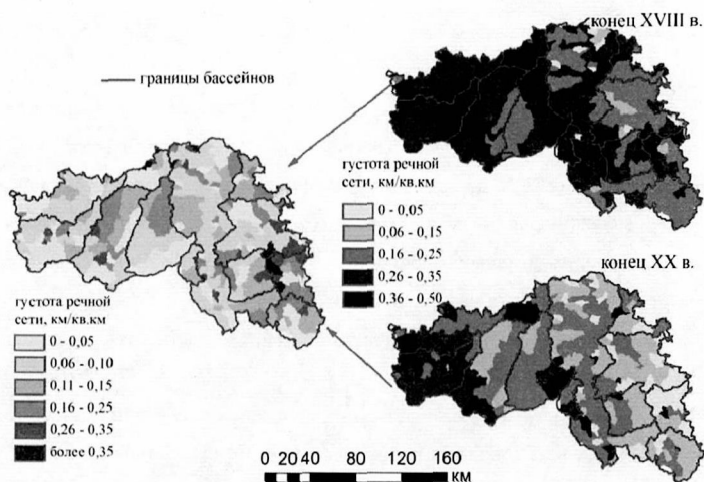


Рисунок 1 – Территориальные особенности сокращения густоты речной сети на Белгородчине за последние 200 лет

Трансформация русловой сети во времени находит отражение в особенностях сложившейся структурной организации речных систем.

Раздел 2.3 посвящен анализу развития эрозионной сети с конца XVIII в. по конец XX в.

Приведены результаты оценки развития линейной эрозионной сети временных водотоков юго-запада Среднерусской возвышенности в сопоставлении с результатами полученными другими исследователями (Петина, 2009; Хрисанов, 2011, 2015). Длина овражно-балочной сети в области составляет 18064,31 км, густота достигает 0,65 км/км². За прошедшие 200 лет ее длина увеличилась от 14% до 33% от исходной величины для бассейнов рек VI-VII порядков, составляя в среднем 18%. Величина прироста эрозионной сети за последние 100-200 лет в бассейнах малых рек сильно варьирует. Проведенный анализ показал, что, природные особенности территории определяют характер развития эрозионных процессов, в то время как антропогенная составляющая определяет их интенсивность.

В разделе 2.4 представлен анализ природных и антропогенных факторов сокращения протяженности водотоков на территории области.

На рубеже XVIII-XIX вв. южная половина Русской равнины характеризовалась большим увлажнением по сравнению с последующим периодом, летние температуры были ощутимо ниже современных. Отмечается потепление и увеличение годовых сумм осадков с середины XX в. (Шикломанов, Георгиевский, 2002). Эта тенденция прогно-

зируется и на первую половину XXI в. на территории Европейской России (Переверденцев, 2006, 2015).

В конце XVIII – пер. пол. XIX вв. целостность единых лесных массивов окончательно нарушается. Установлено, что лесистость территории за последнее столетие сократилась незначительно (с 9,5% до 7,6% на масштабном уровне отражения исследований на картах М 1: 1 500 000). Следует учитывать, что только за последние 60-70 лет за счет проведения лесомелиоративных мероприятий увеличилась облесенность территории области, в отдельных случаях на – 52% (бассейн р. Ворскла).

Распашка как фактор уничтожения естественного растительного покрова стала применяться на территории Белгородчины с XVIII в. (Дегтярь, 2005; Чендев, 2008). Восстановленная картина хозяйственного использования территории бассейнов малых рек свидетельствует о высокой степени распаханности водосборов в конце XVIII в. – 69,1%. В конце XIX в. площадь пашни на территории водосборов малых рек в большинстве случаев составляла около 80%. Для отдельных бассейнов рек VI порядка максимум распашки приходится на середину XX в. – 90%. За последующие 65 лет распаханность некоторых водосборов снизилась более чем на 15%.

Таким образом, сокращение речной сети было обусловлено снижением влагообеспеченности климата с конца XVIII в. до конца XX в. Массовая распашка земель и снижение лесистости бассейнов в последние два столетия привели к активизации эрозионных процессов и смещению истоков рек вниз по долинам. Однако, с конца XX в. наблюдалось увеличение годовых сумм осадков на территории Русской равнины, уменьшение площади пашни и увеличение облесенности речных бассейнов Белгородчины, что привело к замедлению сокращения протяженности водотоков.

Третья глава посвящена моделированию и прогнозированию параметров речного стока в изменяющихся климатических и геоэкологических условиях. Авторами изучен годовой сток по восьми створам рек V порядка с площадью водосбора (F) менее 800 км^2 и VI порядка ($1200 \text{ км}^2 < F < 9000 \text{ км}^2$). Продолжительность рядов наблюдений стока охватывает периоды с 1930 по 2012 гг.

В *разделе 3.1* проведен анализ динамики среднегодовых расходов воды в исследуемых реках. Установлено, что гидрологический режим рек Белгородской области подвергся антропогенному преобразованию, в результате чего в гидрофункционировании исследуемых водных систем выделяются качественные периоды, отличающиеся трендами в изменении стока. На малых реках наблюдается зачастую полная трансформация гидрологического режима. Для крупных рек отмечен незначительный отрицательный тренд в ди-

намике стока. Показано катастрофическое воздействие горнорудного производства зоны КМА на гидрологический режим малых рек.

В *разделе 3.2* описана разработанная методика моделирования и долгосрочного прогнозирования изменения речного стока с помощью искусственных нейронных сетей.

Для территории Белгородской области выделены группы рек с различным типом гидрофункционирования. Для малых рек V порядка характерна коренная трансформация гидрологического режима. Прогнозируется снижения их водности до 2020 г. на основе созданных нейросетевых моделей. Реки VI-VII порядков подразделяются на водотоки с нарушенным и относительно устойчивым типами гидрофункционирования. Нарушенный тип гидрофункционирования характеризуется наличием тенденции к снижению водности реки, в т. ч. в прогнозируемом будущем. Отсутствие тренда или слабовыраженный тренд к снижению водности отличает реки с относительно устойчивым типом гидрофункционирования.

В *разделе 3.3* представлены результаты статистического анализа влияния климатических факторов на динамику стока рек. Они указывают на нелинейные связи между факторами, обусловленные сильной пространственно временной изменчивостью осадков и нелинейным детерминированным характером речного стока. После антропогенных трансформаций отклик динамики речного стока на изменение климатических условий сводится к минимуму.

В *разделе 3.4* изучены количественные и качественные характеристики подземных вод по основным бассейнам Белгородской области, характер использования подземных и поверхностных вод в хозяйственной деятельности человека. Проанализировано изменение качества воды в реках под воздействием антропогенной нагрузки.

Показатели запасов подземных вод и их водоотбор, водопотребление из поверхностных источников, объем сброса сточных вод в реки были использованы нами при оценке воздействия природно-антропогенных факторов на речные бассейны. Качество воды в реке является интегральным показателем антропогенной нагрузки на водную систему, устойчивости гидрофункционирования. Он был использован для оценки адекватности и достоверности полученных результатов воздействия природно-антропогенных факторов на речные бассейны.

В *разделе 3.5* получена объективная картина современной природно-хозяйственной ситуации на территории водоохранных зон (ВЗ) и прибрежных защитных полос (ПЗП) на основе ДЗЗ и ГИС-технологий.

Показаны технологические возможности автоматизированного выделения границ ВЗ и ПЗП по данным SRTM (1×1 угловых секунды) и векторным данным водотоков. По результатам дешифрирования космических снимков (разрешение 25 м) установлены пра-

вонарушения хозяйственной деятельности в границах ВЗ и ПЗП. Выявлена специфика организации водоохранных рубежей, учитывающая экологические проблемы на водосборах.

В четвертой главе рассмотрены процессы формирования стока наносов на склонах и заиления водотоков.

Раздел 4.1 посвящен изменению формирования стока наносов за последние два столетия.

Для периода, предшествовавшего XX веку, характерна более высокая, по сравнению с современностью, интенсивность перераспределения наносов на участке склон – русло реки в пределах распахиваемых водосборов. Природно-антропогенные условия прошлых двух столетий привели к значительному сокращению количества водотоков на территории области и заилению существующих. Однако, с начала XXI в. ситуация несколько меняется, обуславливая снижение темпов смыва почвы и поступления наносов в речную сеть.

Существенное влияние на состояние малых рек в условиях сильного антропогенного воздействия оказывают водность и уклоны русел. Оценка уклонов разнопорядковых водотоков и водности территории в конце XVIII в. предоставили возможность оценить распределение наносов по звеньям гидрографической сети в указанный период. Полученные результаты, наряду с оценкой изменения климатических и хозяйственных условий, позволили адекватно прогнозировать темпы сокращения речной сети в бассейнах в последующее столетие.

В конце XX в. значения уклонов в верховьях рек уменьшились. Водность территории также сократилась. Это обостряет ситуацию на водосборах, обуславливая больший риск заиления водотоков I-II порядка при прочих равных условиях, по сравнению с прошлыми двумя столетиями. Оценен риск заиления разнопорядковых водотоков на основе анализа уклонов водотоков и водности территории наряду с оценкой темпов смыва почвы.

В разделе 4.2 представлена методика оценки заиления рек.

В исследовании требовалось установить особенности и различия перераспределения наносов для рек, которые протекают в условиях однородности и изотропности поля годового стока. Для этого автор использовала формулу расчета транспортирующей способности потоков Е.М. Замарина (1951), которая была калибрована с обычными для малых рек наносами (алевритовыми и мелкопесчаными) (Беркович, 1996; Бутаков, 1996).

На основе полученных значений смыва почвы в бассейнах основных рек Белгородской области и коэффициента доставки наносов (Голосов, 2006) получен сток наносов в замыкающем створе (рисунок 2) с помощью инструментов математической статистики ArcGIS. Расчет отношения транспортирующей способности малой реки в створе к стоку

наносов, который поступает в реку со склонов бассейна, является критерием уязвимости рек по отношению к заилению в условиях антропогенной нагрузки и ускоренной эрозии на водосборах (таблица 1).

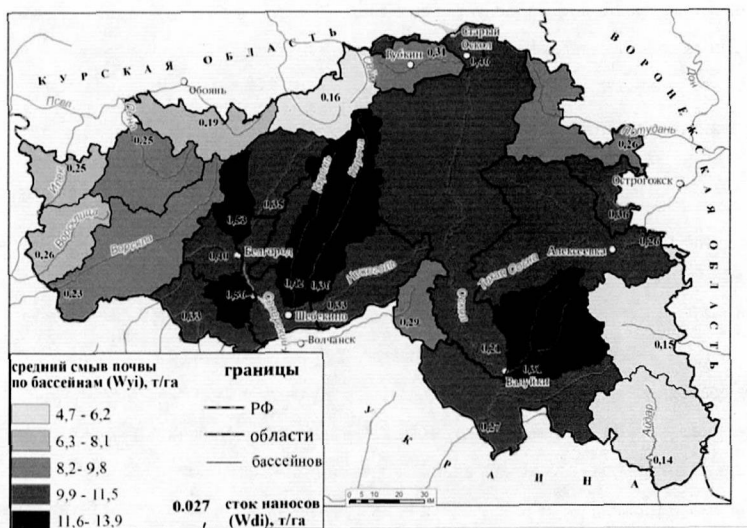


Рисунок 2 – Среднегодовой смыл почвы по бассейнам и оценка наносов для замыкающих створов рек Белгородской области

Таблица 1 – Оценка заиления рек Белгородской области на основе относительной транспортирующей способности водотоков

Показатели*	Ворскла	Везелка	Северский До-	Тихая Сосна	Оскол (истоки)	Осколец	Оскол (нижнее течение)	Валуй
D _r	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03
W _d	22,25	40,59	34,77	24,92	27,94	31,06	17,50	31,46
M ₁	4,84	1,85	4,50	2,39	12,95	9,22	12,79	5,36
OTC ₁	0,22	0,05	0,13	0,10	0,46	0,30	0,73	0,17
M ₂	50,38	29,17	37,22	28,43	36,61	45,17	73,38	28,69
OTC ₂	2,26	0,72	1,07	1,14	1,31	1,45	4,19	0,91
M ₃	19,91	9,17	18,07	12,36	27,10	18,23	35,43	13,40
OTC ₃	0,89	0,23	0,52	0,50	0,97	0,59	2,03	0,43
M ₄	14,88	1,77	7,44	10,39	15,57	9,56	29,17	12,86
OTC ₄	0,67	0,04	0,21	0,42	0,56	0,31	1,67	0,41
M ₅	17,02	0,55	23,46	11,32	14,48	5,05	38,22	5,90
OTC ₅	0,76	0,01	0,67	0,45	0,52	0,16	2,18	0,19

*D_r – коэффициент доставки наносов; W_d – величина стока наносов в замыкающем створе, т/год с км²; M – модуль стока наносов, т/год с км²; OTC – относительная транспортирующая способность водотоков. Индексы у M и OTC: 1 – маловодный год; 2 – многоводный год; 3 – норма стока; 4 – 2010 г.; 5 – 2018 г. (прогноз).

Установлено, что в реках Белгородской области преобладают процессы заиления. И только, в наиболее многоводные годы ситуация может изменяться в сторону преобладания процессов очищения русла от наносов. Наиболее благоприятная ситуация складывается в русле самой многоводной реки области – Оскола. Аккумуляция наносов здесь происходит только в самые маловодные годы.

В *разделе 4.3* представлены результаты полевых исследований малой реки Везелки, испытывающей максимальную нагрузку поступления со склонов наносов в ее русло. Представлены результаты исследований истока реки и его геэкологических проблем, оценки состояния водоохраной и прибрежной защитных зон, морфологических характеристик русла реки. Построенные трехмерные модели русла на участках искусственного расширения позволили выявить процессы заиления русла.

Установлено неудовлетворительное экологическое состояние в верхних звеньях речной сети. Глубина реки постоянно меняется, часто встречаются заиленные участки. Анализ состояния водоохраной зоны свидетельствует о ее повсеместном нарушении. В нижнем звене речной системы, на ее «городском» участке, отмечается сложный рисунок морфологии дна русла, что обусловлено современным осадконакоплением. В отдельных частях русла идет формирование островов, некоторые из которых могут в процессе дальнейшего расширения полностью перекрыть русло реки.

В *пятой главе* представлены результаты разработанной типологии устойчивости функционирования речных бассейнов к проявлению деградационных процессов на основе ретроспективного анализа их функционирования и интегральной оценки сложившейся природно-хозяйственной обстановки.

В *разделе 5.1* проведена оценка устойчивости функционирования бассейнов основных рек Белгородской области, которую предлагается проводить, исходя из анализа процессов, происходящих на разных уровнях временной организации:

1. оценка динамики развития геосистем в течение длительного периода времени (200 лет);
2. выявление особенностей динамики функционирования бассейнов на современном этапе.

Под оценкой динамики развития геосистем подразумевается анализ изменения густоты речной и овражно-балочной сети за прошедшие 200 лет. По результатам исследования установлена степень изменений флювиальных систем. Отдельно оценено изменение предложенных характеристик по нескольким хроносрезам. Установить особенности динамики функционирования бассейнов на современном этапе предлагается путем анализа трансформации гидрологического режима их водных систем. Для этого ре-

зультаты исследования были параметризованы. Выявлены основные типы исследуемых процессов, а затем определены группы бассейнов, обобщенные по сходным чертам динамики развития в течение двухсотлетнего периода.

Раздел 5.2 посвящен оценке эколого-хозяйственной ситуации на водосборах основных рек Белгородской области. В исследовании отобраны показатели воздействия природно-антропогенных факторов: густота речной сети, ресурсы подземных вод, лесистость, густота эрозионной сети, эродированность, зарегулированность речного стока прудами, забор воды из поверхностных источников, забор подземных вод, сброс сточных вод, распаханность, густота дорожной сети, количество животноводческих ферм, орошение. Проведено нормирование данных так, чтобы наилучшим условиям по каждому критерию соответствовало значение – равное 0, а наихудшим – равное 1. Рассчитан общий показатель воздействия природных факторов (P), отдельно антропогенных (A) и интегральный показатель эколого-хозяйственной нагрузки (Q).

Оценка устойчивости функционирования бассейнов наряду с воздействующей на них нагрузкой позволила прогнозировать пути развития исследуемых речных бассейнов (рисунок 3).

Установлено, что неустойчивым функционированием характеризуются бассейны, занимающие более 24 % территории Белгородской области, и в половине из них сложилась экологически неблагоприятная природно-хозяйственная ситуация, что сказывается на интенсивности деградации речных систем.

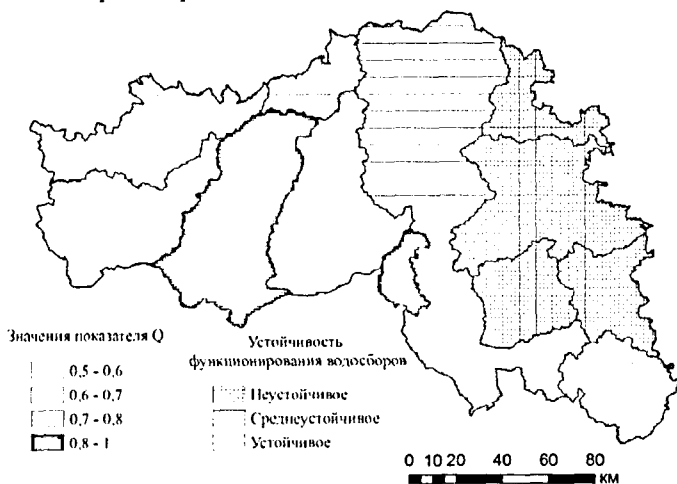


Рисунок 3 – Интегральная оценка природно-хозяйственной ситуации в бассейнах основных рек Белгородской области и устойчивости их функционирования

В разделе 5.3 обоснован комплекс природоохранных мероприятий, в разработке которого использованы установленные пространственно-временные закономерности функционирования речных бассейнов. Выявлены наиболее значимые общеквотные проблемы природопользования, определен приоритет природоохранных мероприятий.

В заключении сформулированы основные результаты исследования:

1. Воссоздана картина изменения русловой сети за последние два столетия, показавшая высокие темпы деградации рек Белгородской области – в среднем 15 км/год за два века. Протяженность речной сети сократилась на 38%, т. е. на 2979 км.

2. Картографическое моделирование и полученные фрактальные величины густоты речной сети позволили установить пространственно-временные закономерности ее деградации в бассейнах рек VI-VII порядков. Показано, что интенсивность сокращения водотоков нарастает в направлении с запада на восток (в этом же направлении уменьшается и современная густота речной сети), что связано, в первую очередь, со сходной тенденцией уменьшения увлажненности территории. Снижение влагообеспеченности климата с конца XVIII в. до конца XX в. проявилось отчетливее в районах с более низким значением гидротермического коэффициента. Это подтверждает зональность исчезновения истоков речных систем юго-запада Среднерусской возвышенности.

3. По характеру динамики деградации гидрографической сети исследуемые бассейны можно разделить на группы, примерно равнозначные представленные в территориальном плане:

– со значительной степенью изменения протяженности речной сети (37-78%) за два последние столетия, и основным периодом сокращения длины водотоков с начала XVIII в. до конца XIX в., что связано с достижением речными системами устойчиво-динамического состояния, а также снижением сельскохозяйственной нагрузки на современном этапе;

– с небольшими изменениями протяженности речной сети за последние двести лет (менее 29%), и основными темпами сокращения длины водотоков с конца XIX в. по конец XX в. в связи с нарушением режима гидрофункционирования этих речных систем в результате антропогенного воздействия.

4. Трансформация русловой сети во времени находит отражение в сложившейся структурной организации речных систем. Для бассейнов рек с высокими показателями сокращения протяженности водотоков характерно слабое развитие верхнего звена и преобладание водотоков нижнего звена в структуре речной сети на настоящий период времени. Бассейны с невысокими темпами сокращения длины водотоков в большинстве случаев значительно расчленены в верхнем и среднем звене речной сети.

5. Установлена высокая интенсивность развития сети временных водотоков на территории юго-запада Среднерусской возвышенности. Выявлены значительные территориальные различия густоты эрозионной сети на всех иерархических уровнях (региональный, по бассейнам рек VI-VII порядка и бассейнам рек IV-V порядка). Наиболее информативным показателем оценки территории является эрозионное расчленение бассейнов рек IV порядка. Характер развития линейной эрозии обуславливается структурными особенностями бассейна, каждое звено которого имеет отличительные черты развития эрозионных форм.

6. Разработана методика моделирования и долгосрочного прогнозирования изменения речного стока с помощью искусственных нейронных сетей. Для территории Белгородской области выделены группы рек с различным типом гидрофункционирования: I группа – реки V порядка с коренной трансформацией гидрологического режима, наличием тренда снижения водности, в т. ч. на прогнозируемый период до 2020 г.; II группа – реки VI порядка с нарушенным типом гидрофункционирования, характеризующийся умеренным снижением водности и прогнозом на дальнейшее ухудшение ситуации; III группа – реки VI и VII порядков с относительно устойчивым типом гидрофункционирования и отсутствием тренда или слабовыраженным трендом снижения водности, в т. ч. на прогнозируемый период.

7. Проанализированы особенности изменения формирования стока наносов с конца XVIII в. по XXI в. в бассейнах рек Белгородской области VI-VII порядков.

Природно-антропогенные условия трансформации водосборов на протяжении прошлых двух столетий способствовали значительному увеличению количества поступающих в малые реки наносов, что привело к сокращению протяженности водотоков. С начала XXI в. наблюдается снижение темпов смыва почвы и поступления наносов в речную сеть.

Оценка водности разнопорядковых водотоков и ЦМР позволяет оценить распределение наносов по звеньям гидрографической сети и, совместно с модельными сценариями изменений климатических и хозяйственных условий, прогнозировать направление развития эрозионно-аккумулятивных процессов.

8. Разработана методика оценки заиления рек на основе расчета соотношения стока речных наносов и транспортирующей способности водотоков, базирующаяся на методах гидравлики, современных представлениях об эрозионно-аккумулятивных процессах и дистанционных методах анализа рельефа, позволяющая моделировать и прогнозировать экологическую напряженность на водосборах в зависимости от динамики речного стока:

– для рек Белгородской области характерно преобладание процессов заиления, однако, в зависимости от водности года ситуация меняется: от очищения русла от наносов до его заиливания. При средних показателях водности года процессы очищения от наносов характерны только для самой многоводной реки области – Оскола;

– полученный прогноз заиления водотоков в 2018 г, наряду с динамикой их гидрологического режима и установленными закономерностями функционирования бассейнов дифференцирует этапы развития деградационных процессов в зависимости от порядка речных систем и природно-хозяйственной обстановки в их бассейнах.

9. Разработанная типология речных бассейнов позволила выявить наиболее экологически неустойчивые бассейны рек VI-VII порядка к проявлению деградационных процессов с их дифференциацией по интегральному показателю воздействия природно-антропогенных факторов. В практическом плане анализ динамики функционирования речных бассейнов на краткосрочный и долгосрочный периоды и оценка интегральных показателей воздействия природно-антропогенных факторов даст возможность выявить наиболее значимые общесбассейновые проблемы природопользования, определить приоритеты и необходимый комплекс природоохранных мероприятий.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в ведущих рецензируемых журналах перечня ВАК РФ

1. Лисецкий Ф.Н. Решение почвоводоохранных и экологических задач при внедрении ландшафтных систем земледелия / Ф.Н. Лисецкий, М.А. Польшина, А.Г. Нарожняя, Я.В. Кузьменко // Проблемы региональной экологии. – 2007. – № 6. – С. 72-79.
2. Чепелев О.А. Моделирование расчетов поверхностного стока и динамики растительности с помощью программы SEVER-DGVM (на примере Белгородской и Ростовской областей) / О.А. Чепелев, В.В. Сорокина, А.В. Дегтярь, В.И. Соловьев, В.В. Кулыгин, А.В. Землякова, А.Г. Нарожняя, Я.В. Кузьменко // Экологические системы и приборы. – 2010. – № 7. – С. 38-42.
3. Нарожняя А.Г. Прогноз скорости и характера развития эрозийной сети под воздействием природных и антропогенных факторов в бассейнах рек Среднерусской возвышенности / А.Г. Нарожняя, Я.В. Кузьменко // Проблемы региональной экологии. – 2011. – № 2. – С. 6-11.
4. Кузьменко Я.В. Применение бассейновой концепции природопользования для почвоводоохранного обустройства агроландшафтов / Я.В. Кузьменко, Ф.Н. Лисецкий, А.Г. Нарожняя // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – № 1(9). – С. 2432-2435.
5. Нарожняя А.Г. Бассейновое природопользование при охране окружающей среды / А.Г. Нарожняя, Я.В. Кузьменко // Проблемы региональной экологии. – 2012. – № 2. – С. 109-112.
6. Кузьменко Я.В. Оценка и прогнозирование стока малых рек в условиях антропогенных воздействий и изменений климата / Я.В. Кузьменко, Ф.Н. Лисецкий, В.И. Пичура // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6 URL: (www.science-education.ru/106-7640) (дата обращения: 08.09.2016).

7. Кузьменко Я.В. Обеспечение оптимальной водоохранной лесистости при бассейновой организации природопользования / Я.В. Кузьменко, Ф.Н. Лисецкий, Ж.А. Кириленко, О.И. Григорьева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 3 (2). – С. 652-657.

8. Чепелев О.А. Оценка влияния добычи железных руд на водность рек Белгородской области / О.А. Чепелев, В.И. Пичура, Я.В. Павлюк, О.М. Самофалова, Э.А. Терехин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – Вып. 28 – № 17 (188). – С. 160-164.

9. Пичура В.И. Вековое изменение устойчивости агроландшафтов в зоне оросительных мелиораций сухостепной зоны (на примере юга Херсонской области) / В.И. Пичура, Ф.Н. Лисецкий, Я.В. Павлюк // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – Вып. 28. – № 17 (188). – С. 140-147.

Публикации, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science:

10. Lisetskii F. N. Basin organization of nature management for solving hydroecological problems / F. N. Lisetskii, Y. V. Pavlyuk, Zh. A. Kirilenko, V. I. Pichura // Russian Meteorology and Hydrology. – 2014. – Vol. 39. – № 8. – P. 550-557.

11. Lisetskii F.N. New opportunities of geoplanning in the rural area with the implementing of geoinformational technologies and remote sensing / F.N. Lisetskii, A.V. Zemlyakova, E.A. Terexhin, A.G. Naroznyaya, Y.V. Pavlyuk, P. A. Ukrainskii, Z. A. Kirilenko, O. A. Marinina, O. M. Samofalova // Advances in Environmental Biology. – 2014. – Vol. 8. – № 10. – P. 536-539.

12. Lisetskii F.N. Comparative assessment of methods for forecasting river runoff with different conditions of organization / F. N. Lisetskii, V. I. Pichura, Y. V. Pavlyuk, O.A. Marinina // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2015. – Vol. 6. – № 4. – P. 56-60.

13. Marinina O. A. Evaluation of Siltation of Rivers with Intensive Economic Development of Watersheds / O. A. Marinina, O. P. Yermolaev, K. A. Maltsev, F. N. Lisetskii and Y. V. Pavlyuk // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – № 11. – P. 3004-3013.

Опубликованные в других изданиях:

1. Кузьменко Я.В. Антропогенно обусловленные изменения овражно-балочной и речной сети в бассейнах малых рек юго-запада Среднерусской возвышенности // Общие, экологические и инженерные аспекты изучения гидрологических, русловых и эрозионных процессов: мат. VII семинара молодых ученых. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. – 2008. – С. 138-144.

2. Нарожняя А.Г. Речные бассейны Белгородской области и их типизация по эколого-гидрологическим условиям с использованием ГИС-технологий / А.Г. Нарожняя, Я.В. Кузьменко // Эколого-географические исследования в речных бассейнах. Воронеж: ВГПУ. – 2009. – С. 88-92.

3. Кузьменко Я.В. Интенсивность развития скрытых (латентных) процессов оврагообразования в пределах агроландшафтов / Я.В. Кузьменко, Терехин Э.А. // «Молодые ученые - географической науке»: сборник научных трудов Всеукраинской конференции с международным участием. – К.: Издательство географической литературы «Обрий». – 2010. – С. 60-63.

4. Кузьменко Я.В. Интеграция ГИС-технологий и ДДЗ при оценке устойчивости территории к проявлению эрозионных процессов // Природа и общество: взгляд из прошлого в будущее. Материалы XVII научной конференции молодых географов Сибири и Дальнего Востока. – М.: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. – С. 212-214.

5. Кузьменко Я.В. Реализация бассейнового природопользования с использованием геоинформационных систем // Кузьменко Я.В., Нарожняя А.Г. // Сборник работ победителей отборочного тура Всероссийского смотра-конкурса научно-технического творчества студентов вузов «Эврика», г. Новочеркасск, май-июль 2012 г. / Мин-во образования и науки РФ, Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЛИК. – 2012. – С. 196-198.

6. Кузьменко Я.В. Функционирование бассейновых ландшафтных структур в условиях высокочастотной изменчивости стокоформирующих факторов / Я.В. Кузьменко, А.Г. Нарожняя // Общие и методические проблемы эрозии- и русловедения: сб. статей. – М: Планета. – 2012. – С. 157-165.

7. Лисецкий Ф.Н. Гидроэкологический блок разработки проектов бассейнового природопользования в Белгородской области / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, Я.В. Кузьменко, М.П. Суханова // Двадцать восьмое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов: Доклады и краткие сообщения / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь. – 2013. – С. 127-129.

8. Лисецкий Ф.Н. Почвозащитная и водоохранная подсистемы при разработке и внедрении бассейновой организации природопользования / Ф.Н. Лисецкий, Я.В. Кузьменко, А.Г. Нарожняя, А.В. Дегтярь, Ж.А. Кириленко // Экология речных бассейнов: Труды 7-й Междунар. науч.-практ. конф. / Под общ. ред. проф. Т.А. Трифионовой; Владим. гос. ун-т. им. А.Г. и Н.Г.Столетовых. – Владимир. – 2013. – С. 220-224.

9. Лисецкий Ф.Н. Гидроэкологический мониторинг рек как составная часть организации природопользования на бассейновых принципах / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, Я.В. Кузьменко, Ж.А. Кириленко, О.А. Маринина, М.П. Суханова // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: Материалы V Международной научной конференции. – М.; Белгород: Константа. – 2013. – С. 93-96.

10. Бассейновый подход к организации природопользования в Белгородской области: [моногр.] / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, А.Г. Нарожняя, О.А. Чепелев, Я.В. Кузьменко, О.А. Маринина, А.В. Землякова, Ж.А. Кириленко, О.М. Самофалова, Э.А. Терехин, П.А. Украинский / под ред. Ф.Н. Лисецкого. – Белгород: Константа. – 2013. – 89 с.

11. Лисецкий Ф.Н. Бассейновая организация природопользования: проектирование и мониторинг. Свидетельство о государственной регистрации базы данных RU 2013621374 от 25.10.2013 г. / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, Я.В. Кузьменко, А.Г. Нарожняя // Электронный бюллетень – Программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем. – 2013. – № 4. – С. 299.

12. Лисецкий Ф.Н. Мониторинг поверхностных и подземных вод при бассейновой организации природопользования. Свидетельство о государственной регистрации базы данных RU 2013621378 от 28.10.2013 г. / Ф.Н. Лисецкий, Ж.А. Кириленко, Я.В. Кузьменко, О.А. Маринина // Электронный бюллетень – Программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем. – 2013. – № 4. – С. 303.

13. Buryak Zh.A. GIS maintenance of rural territories geoplanning under basin principles / Zh.A. Buryak, O.I. Grigoryeva, Ya.V. Pavlyuk // International Journal of Advanced Studies. – 2014. – Т. 4. – № 2. – С. 56-60.

14. Реки и водные объекты Белогорья: [моногр.] / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, Ж.А. Буряк, Я.В. Павлюк [и др.]; под ред. Ф.Н. Лисецкого; ВОО «Рус. геогр. о-во, НИУ «БелГУ». – Белгород: Константа. – 2015. – 362 с.

Подписано в печать 19.04.2017. Формат 60×90/16.

Гарнитура Times New Roman. Усл. п. л. 1,4. Тираж 100 экз. Заказ 87.

Оригинал-макет подготовлен и тиражирован в ИД «Белгород» НИУ «БелГУ»
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85. Тел.: 30-14-48