

## **Бассейновая организация природопользования для решения гидроэкологических проблем**

Ф. Н. Лисецкий\*, Я. В. Павлюк\*, Ж. А. Кириленко\*,  
В. И. Пичура\*\*

*Представлены результаты разработки концепции, проектов бассейнового природопользования и организации их внедрения в пределах всего региона с применением бассейново-административного подхода. На основании многомерного анализа и прогноза изменения речного стока с использованием искусственных нейронных сетей выполнена типология водосборов, которая в основном определяется такими факторами, как площадь водосбора, порядок реки и степень антропогенной нагрузки. В зависимости от типа гидрофункционирования определены адаптированные комплексы гидроэкологических мероприятий. Необходимость интеграции геоданных по каждому речному бассейну с присущими ему морфологическими и процессными характеристиками, а также результатов гидроэкологического мониторинга позволяет рекомендовать структуру базы данных бассейновой организации природопользования в регионах России на основе европейского опыта мониторинга речной сети в рамках Рамочной водной директивы ЕС и создания единой инфраструктуры пространственных данных.*

### **1. Введение**

Содержание задач, направленных на достижение целевых показателей рациональной территориальной организации природопользования на водосборах и оптимального использования водных ресурсов, имеет различия на государственном, региональном и местном уровнях. Рамочная водная директива Европейского Союза (WFD) фокусирует внимание на увязке гидрологических и геоморфологических процессов и особенностей рек, т. е. на необходимости учета не только формы и функции русла, но и его связности, которая определяет способность водного потока обеспечивать миграцию водных организмов вверх и вниз по течению и поддерживать природную непрерывность транспорта наносов по речной системе. И так как основной акцент при реализации WFD сделан на мониторинге состояния гидрографической сети [17], то остается нерешенной проблема ее совместимости с другими аспектами природопользования. В России принятой Водной стратегией до 2020 г. предполагается разработка схем комплексного использования и охраны водных объектов. Сущность экосистемного бассейнового подхода к водопользованию заключается в переносе

\* Белгородский государственный национальный исследовательский университет; e-mail: liset@bsu.edu.ru.

\*\* Херсонский государственный аграрный университет, Украина; e-mail: pichura@yandex.ru.

---

центра тяжести управления водохозяйственным комплексом и всех его мероприятий с самих водных объектов на весь водосбор для полного охвата всех возможных причин экологических нарушений, межотраслевых и межтерриториальных противоречий с целью их предупреждения и устранения [1]. На районном (муниципальном) уровне необходимо обеспечить поддержание механизмов воспроизводства почвенно-земельных и водных ресурсов на водосборах малых рек и внутрихозяйственное землеустройство агроландшафтов на почвоводоохранных и бассейновых принципах. В Белгородской области для совершенствования действующих механизмов государственного управления в области рационального использования, охраны и восстановления природных ресурсов идея бассейновой организации территории получила свое нормативное закрепление, оформленное в “Концепцию бассейнового природопользования” (утверждена постановлением правительства области 27 февраля 2012 г. № 116-рп). В рамках реализации концепции до 2015 г. все речные бассейны региона будут охвачены проектными работами.

## 2. Методы

Для определения механизма стокоформирования на водосборах, его чувствительности к воздействию внешних факторов и предсказания сценариев развития водных систем проведен многомерный анализ и дан прогноз временной изменчивости стока рек Белгородской области (на примере восьми временных рядов расходов воды) с использованием современных подходов и нелинейных методов моделирования сложных динамических процессов. Выбранные реки отличаются по порядку, площади водосбора, степени антропогенной нагрузки. Продолжительность исследованных временных рядов в среднем составила 61 год (от 30 лет до 81 года).

Очевидно, что достоверность моделирования динамики природных систем зависит от сложности их формирования, репрезентативности (длины) временного ряда и присутствия дискретного белого шума, что стимулирует применение многомерного статистического аппарата включая использование современных нелинейных методов. Для разложения на составляющие (трендовая составляющая, основные циклы, белый шум) и оценки общих многолетних динамических процессов формирования стока исследуемых рек был использован метод сезонной декомпозиции и корректировки ряда Census I. Периодический компонент выделяли с помощью одномерного спектрального анализа Фурье.

Речной бассейн представляет собой сложную нелинейную динамическую систему, которая генерирует характерные особенности формирования стока в замыкающем створе [12], поэтому прогнозирование проводили с использованием интеллектуальных искусственных нейронных сетей в рабочем модуле Statistics Neural Networks (SNN) программного продукта STATISTICA 6.0. Актуальность применения нейромоделирования подтверждена всесторонним обзором ASCE Task Committee on Application of Artificial Neural Networks in Hydrology (ASCE, 2000). Обучение сетей проводили с помощью алгоритма обратного распространения ошибки; функции активации нейронов — сигмоидальная и синусоид-гиперболического тангенса. В результате сравнительного анализа были отобраны типы архитектур нейронных сетей — четырех- и трехслойный персептроны.

---

Определены возможности нейромоделей и достоверность прогнозирования путем оценки уровня их чувствительности, сравнения эмпирических и аппроксимирующих данных по статистическим критериям на трех выборках: обучающей, контрольной и тестовой. Наилучшее качество прогноза достигнуто при соотношении объемов выборок: обучающая — 50%, контрольная — 25%, тестовая — 25% временного ряда исследований. К статистическим критериям оценки относятся математическое ожидание ошибки, стандартное отклонение ошибки, математическое ожидание абсолютной ошибки (в натуральных единицах и процентах — MAPE), коэффициент корреляции [9].

Выявление однотипных условий формирования стока рек проведено с помощью кластерного анализа: алгоритм объединения — иерархическое дерево, правило объединения — метод Уорда, мера близости — 1r-Пирсона. Также для подтверждения типичности и перепроверки были дополнительно использованы методы разностной интегральной кривой (РИК) и непараметрической статистики — ранговые корреляции Спирмена, статистика Гамма,  $\tau$ -корреляции Кендалла, критерий знаков, критерий Вилкоксона.

### 3. Результаты и их обсуждение

#### 3.1. Деграция рек

За последние 200 лет в пределах европейской части России протяженность гидросети сократилась на 30—40% [11]. Анализ исторических карт показывает, что истоки многих рек начинаются гораздо ниже того положения, которое они занимали в XVIII в. Это объясняется антропогенно обусловленным изменением условий формирования стока на водосборах и режима функционирования пойменно-русловой части речных долин.

Для обеспечения нормативного гидроэкологического состояния речных систем комплекс почвоводоохранных мероприятий должен быть разработан с учетом причин и механизмов формирования жидкого и твердого стока на водосборах, для предупреждения возникновения экологически неблагоприятных ситуаций. По мнению некоторых исследователей ([14, 16, 18] и др.), речной поток имеет определенный устойчивый компонент, способный частично сглаживать влияние экзогенных факторов. Гидрологические процессы не только являются результатом воздействия большого числа факторов, но и могут определяться нелинейным взаимодействием ряда переменных, чувствительных к начальным условиям.

Орографические особенности территории Белгородской области благоприятны для изучения механизмов формирования речного стока. В ее западной и центральной частях находится орографически выраженный субширотный пояс зарождения крупных рек включая трансграничные. Таким образом, экологическая ситуация на данной территории практически не зависит от экологических проблем смежных областей, но она существенно влияет на функционирование водных артерий ниже по течению. Следует отметить, что на территории области находятся крупнейшие в России предприятия по открытой добыче железной руды, вследствие чего сформировались промышленные зоны с интенсивным водопотреблением ресурсов подземных вод и депрессионными воронками.

---

С начала XIX в. при двукратном приросте населения антропогенное воздействие на водосборы постоянно усиливается. Во второй половине XIX в. фиксируются пик распаханности земель и минимум лесистости за весь исторический период. На рубеже XIX—XX вв. отмечалось активное расширение овражной сети. Установлено, что за 220 лет средняя густота овражно-балочной сети Белгородской области увеличилась на 15%, достигнув к настоящему времени  $0,70 \text{ км/км}^2$  [5]. Следствием формирования густой овражно-балочной сети являются увеличение мощности делювиальных отложений в бассейнах малых рек и заиление их русел. Анализ деградационных процессов показал, что наименьшая густота речной сети наблюдается в северной и восточной частях исследуемой территории, что связано с большой долей распаханности и малой лесистостью бассейнов. Средняя густота речной сети Белгородской области —  $0,18 \text{ км/км}^2$ , тогда как в конце XIX в. она составляла  $0,28 \text{ км/км}^2$ . В отношении структурных элементов речной сети четко видна прогрессирующая волна заиления от потоков низких порядков к высоким. Деградацию речной сети исследуемой территории отличает отмирание водотоков I, II, III порядков, заиление водотоков IV и V порядков, водотоки VI и VII порядков практически не затронуты процессами деградации, однако скорость деградации речной сети в целом по всему району большая.

### 3.2. Прогнозирование расходов воды

Отмечено [3], что нейронные сети позволяют успешно решать гидрологические задачи, с которыми не могут справиться традиционные методы, даже в случае неполной, зашумленной или искаженной исходной информации. Важной особенностью нейросетевого моделирования является также то, что оно может основываться лишь на исходных данных, не привлекая априорные соображения и дополнительную информацию [2]. В данном случае ошибка прогнозирования с применением разработанных многослойных нейромоделей составила 7,3—10,9%, что свидетельствует о большой достоверности полученных прогнозов.

Гидрологическая периодичность обусловлена астроклиматическими циклами, так как увеличение количества осадков в летний период из-за усиления циклонической деятельности обычно наблюдается в период 11-летнего максимума солнечной активности, а увеличение суточных максимумов осадков и экстремальный характер ливней приурочены к восходящей ветви векового цикла солнечной активности [15].

Анализ погодичной динамики расходов воды показал определенную синхронность колебаний водности рек Белгородской области, что свидетельствует об изотропности поля стока на изучаемой территории. Однако при антропогенных воздействиях на водосборы происходит нарушение гидрологического режима водотоков, что отражается на водности и синхронности динамики речного стока. В результате кластерного анализа (рисунков 2) и определения разностных интегральных кривых были выделены три группы водосборов, которые хорошо обосновываются порядком рек, площадью водосборов и степенью антропогенной нагрузки.

В первую группу вошли малые реки с коренной антропогенной трансформацией режимов (рисунок а). Река Осколец (V порядка, с площадью

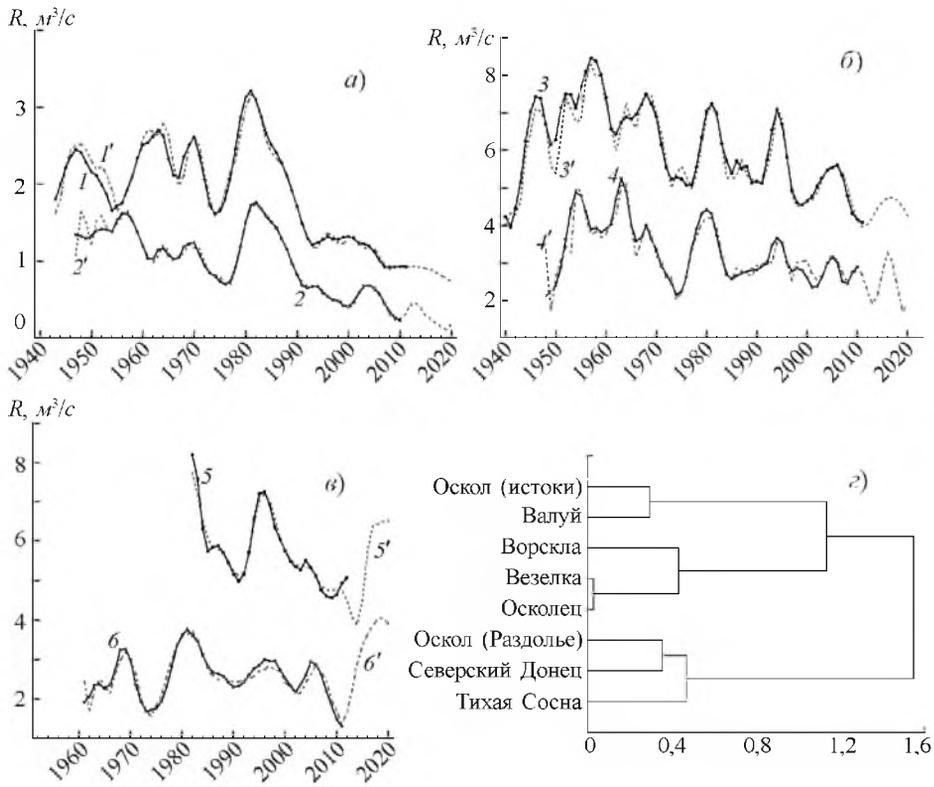


Рис. 1. Сопоставление временных рядов изменения расходов воды ( $R$ ) в реках Белгородской области по данным наблюдений (1—6) и модельным расчетам (1'—6') (а—в) и результаты кластерного анализа для типологии рек (з).

а) р. Осколец (1, 1'), р. Везелка (2, 2'); б) р. Оскол (3, 3'), р. Валуй (4, 4'); в) р. Тихая Сосна (5, 5'), р. Северский Донец (6, 6').

водосбора до учетного створа  $S_{\text{вод}} = 494 \text{ км}^2$ ) находится в зоне воздействия ОАО “Лебединский ГОК” и ОАО “Стойленский ГОК”. Река Болховец (Везелка) (V порядка, площадь водосбора  $394 \text{ км}^2$ ) в нижнем течении является городской водной артерией и на ее водосборе находятся два главных водозабора Белгорода и более десятка промышленных предприятий. На рисунке а отчетливо видна синхронность колебаний стока этих рек (теснота связи 0,87), особенно с 1961 г., когда был введен в эксплуатацию Стойленский ГОК. С 1992 г. у обеих рек наблюдается устойчивое уменьшение расходов воды. Полученные нейромодели прогнозируют ухудшение ситуации к 2020 г.

К этой же группе рек примыкает Ворскла — река VI порядка,  $S_{\text{вод}} = 1870 \text{ км}^2$ , находящаяся в зоне воздействия Яковлевского рудника — третьего железорудного узла Курской магнитной аномалии на территории Белгородской области. Площадь водосбора Ворсклы в определенной степени сглаживает оказываемое на нее негативное влияние. По результатам анализа разностных интегральных кривых, многолетнее формирование речного стока можно разделить на два периода: первый период (1942—1979 гг.)

характеризуется явно выраженной отрицательной трендовой составляющей, а во второй период (1980—2012 гг.) отмечается положительная тенденция с некоторыми незначительными колебаниями водности р. Ворскла, что в значительной мере зависит от постоянного сброса шахтных вод (такая же тенденция прослеживается и по результатам прогнозирования до 2020 г.).

Во второй группе находятся реки VI порядка (рисунок б) с нарушенным типом гидрофункционирования: Валуй (площадь водосбора  $1290 \text{ км}^2$ ) и истоки р. Оскол ( $1540 \text{ км}^2$ ). Коэффициент корреляции динамики стока р. Валуй и истоков Оскола составляет 0,90 с выраженными двумя периодами их формирования, выделенными по построенной РИК: в первый период (1940—1971 гг.) наблюдалась стабильно положительная динамика водности рек, а второй период, с 1972 г. по настоящее время и по прогнозу до 2020 г., определяется общим отрицательным трендом, который объясняется увеличением сельскохозяйственной нагрузки на водосборах данных рек.

Последнюю группу составляют реки высокого порядка с относительно устойчивым типом гидрофункционирования: Тихая Сосна (VI порядка, площадь водосбора  $2060 \text{ км}^2$ ), Оскол в нижнем его течении (VI порядка,  $8640 \text{ км}^2$ ), Северский Донец (V порядка,  $740 \text{ км}^2$ ). Устойчивость р. Оскол к антропогенному воздействию определяют значительная площадь ее водосбора и значительные объемы стока, поэтому, несмотря на влияние горнодобывающих предприятий, динамика водности реки циклически стабильна без выраженного тренда. Прогноз показывает дальнейшее вариационно-стабильное формирование стока с небольшим его увеличением до 2016 г. Анализ РИК стока Северского Донца свидетельствует о том, что гидрологический режим его верховьев является стабильным с небольшим прогнозируемым циклическим увеличением до 2018 г. (рисунок в), что указывает на стабильные синергетические процессы формирования его стока. Как показывает анализ, за последние 30 лет в гидрофункционировании р. Тихая Сосна произошел некоторый сбой, что обусловлено резким уменьшением водности реки, особенно с 1998 г. (рисунок в). И хотя с 2014 г. прогнозируется увеличение объема стока, но общим трендом определяется уменьшение водности реки. Этому способствовали увеличение водозабора в результате строительства новых крупных свинокомплексов на водосборе и чрезмерное эрозионное расчленение территории. Коэффициент корреляции динамики стока рек Оскол и Северский Донец составляет 0,84, а корреляция стока этих рек и стока р. Тихая Сосна — 0,68.

### 3.3. Бассейновая организация природопользования

Для склоновых агроландшафтов и при необходимости учета связи процессов, происходящих на пахотных землях, с последствиями на смежных угодьях и ландшафтах (присетевом фонде земель, речных поймах, водных объектах) результативно использование позиционно-динамического типа ландшафтных территориальных систем (ЛТС). Бассейновые ЛТС (БЛТС) формируются при общности пространственных отношений, обусловленных гидрофункционированием (поверхностным и латеральным стоком воды, растворенных веществ, а также наносов). Они включают в себя по-

---

зиционно-динамические ЛТС, замкнутые по признакам поверхностного стекания водных масс. Таким образом, бассейновая организация территории дополняет ландшафтную организацию объектов и явлений, усиливая их латеральную и особенно парагенетическую связанность [10].

В естественно-научном отношении целостность бассейнов, включая их подземный “этаж”, рассматривается через призму их природной организации и связующих процессов. Но помимо этого бассейн представляет собой интегральную природно-хозяйственную систему, так как является территориальным базисом взаимодействия природных, социально-экономических и демографических процессов, поэтому проводя геопланирование на бассейновых принципах, важно найти оптимум между сложившейся практикой природопользования, перспективами развития БЛТС, природно-ресурсным потенциалом, мерами по воспроизводству природных ресурсов и обеспечению экологической безопасности.

Бассейново-административный подход позволяет внедрить экологически и практико-ориентированную систему рационального природопользования через разработку проектов бассейнового природопользования. На основе разработанной авторами концепции и методики проектирования средствами ГИС-технологий [7] подготовлена программа бассейнового природопользования в Белгородской области, в которой предусмотрено, что в 2011—2014 гг. с помощью 121 выполненного проекта будет обустроено на бассейновых принципах 2572 тыс. га земель. Так как выделение бассейновых структур проводят на основе общности гидрофункционирования территорий, то при использовании бассейнового подхода возможна эффективная организация контроля таких процессов, как водная эрозия почв, геохимическая миграция загрязняющих веществ, формирование зон переувлажнения и подтопления и др. [4].

### 3.4. Гидроэкологические мероприятия

В результате исследований было определено, что тип гидрофункционирования рек определяется прежде всего площадью водосбора, порядком реки и степенью антропогенной нагрузки. Процесс формирования речного стока в значительной мере зависит от степени влияния антропогенной нагрузки, особенно при интенсивной добыче полезных ископаемых, что способствует полной трансформации всей пойменно-русловой подсистемы рек, а также изменению закономерностей развития водотоков. В большей степени был нарушен гидрологический режим рек V порядка, испытывающих чрезмерную антропогенную нагрузку. На этих реках отмечаются уменьшение расходов воды и тенденция к полной деградации. Для рек VI порядка, водосборы которых трансформированы хозяйственной деятельностью человека, также наблюдается уменьшение водности, но не столь стремительное, как в предыдущем случае. Реки VI и VII порядков обладают определенной устойчивостью к проявлению деградационных процессов. При планировании природообустройства бассейновых территориальных структур необходимо учитывать полученные закономерности.

Реки первого типа нуждаются в восстановлении. Под “восстановлением” малой реки следует понимать достижение такого состояния, при котором в результате проведения системы целенаправленных мероприятий

---

малая река в замыкающем створе удовлетворяет требованиям формирования гидрологического режима и качества вод той реки, в которую она впадает. В качестве предлагаемых мероприятий по обустройству бассейнов этого типа выступают обустройство родников (в первую очередь связанных с речным руслом и обладающих наибольшими дебитами для увеличения объема речного стока); восстановление древесно-кустарниковой растительности в прибрежной зоне, облесение водоохраных зон, сильно эродированных земель и наиболее эрозионно опасных склонов; контурная организация склоновых агроландшафтов, уменьшение площади пахотных земель, восстановление пойменных сенокосов на распаханых участках, консервация разрушенных эрозией земель, а также разработка и реализация проектов расчистки русел рек в объемах, обоснованных по эколого-экономическим критериям.

Реки второго типа нуждаются в комплексе мероприятий по охране водных ресурсов. Под “охраной водных ресурсов” в данном случае понимается поддержание оптимального состояния реки с помощью системы целенаправленных водоохраных мероприятий. В этом случае упор должен быть сделан на контроль соблюдения режима хозяйственной деятельности на территории водоохраных зон и прибрежных защитных полос; на обустройство рекреационных зон; на организацию полноценной сети особо охраняемых природных территорий и включение в нее родников как гидрологических памятников природы с установленной охранной зоной площадью не менее 0,1 га.

На реках с устойчивым типом гидрофункционирования требуется рациональное использование природно-ресурсного потенциала, т. е. достижение такого уровня хозяйствования в пределах водосбора рассматриваемой реки, который обеспечивает использование природных ресурсов ее бассейна без их истощения. Основными мероприятиями являются разработка и реализация плана рационального хозяйственного использования водных объектов, создание комфортных и безопасных мест для отдыха и рыболовства.

### **3.5. Гидроэкологический мониторинг**

Бассейны, будучи каскадными динамическими системами, обладают имманентной замкнутостью вещественно-энергетических потоков, так что поверхностный и латеральный сток водных масс, миграция растворенных веществ и наносов фокусируются в замыкающем створе водосбора. И таким образом, через этот узел с помощью бассейновой дифференциации территории удается малозатратными усилиями контролировать процессы, связанные не только с гидрологическим циклом, но и с условиями землепользования [7]. Для того чтобы упорядочить геоданные по каждому речному бассейну с присущими ему морфологическими, функциональными и процессными характеристиками, а также информацию о бассейновой структуре и сети пунктов мониторинга водных объектов Белгородской области, разработана база данных “Бассейновая организация природопользования: проектирование и мониторинг”. В основу разработки положен европейский опыт мониторинга речной сети в рамках WFD [13] и создания единой инфраструктуры пространственных данных [19]. Организация

**Интегральные критерии мониторинга эффективности  
реализованных проектов бассейнового природопользования  
(гидроэкологический блок)**

Критерий оценки	Единица измерения
Площадь облесенной территории	<i>га</i>
Площадь под залуженными водосбросами	<i>га</i>
Площадь под консервацией земель	<i>га</i>
Доля площади особо охраняемых природных территорий, включая гидрологические заказники	%
Индекс загрязнения воды	<i>балл</i>
Индекс сапробности воды	<i>балл</i>
Рыбопродуктивность	<i>кг/га</i>

структуры базы данных с учетом требований европейской директивы INSPIRE дает возможность интегрировать региональные пространственные данные в общеевропейское информационное пространство. Однако при использовании европейских подходов к гидроэкологическому мониторингу необходимо учитывать различие в понимании объекта мониторинга: в Европе акцент делается на экологический контроль водотоков [17], тогда как авторами в качестве операционной единицы обоснована водосборная площадь как геосистема, связанная общими процессами гидрофункционирования. Поэтому структура базы данных была разработана на основе положений INSPIRE, но с учетом требований российского законодательства и региональной специфики бассейнового природопользования [6].

В Евросоюзе реализация Рамочной водной директивы предполагает стандартизацию показателей качества вод (гидроморфологических, биологических и физико-химических) для оценки состояния рек на международном уровне и присвоения им определенного экологического статуса [13]. Для условий Белгородской области авторами разработан перечень показателей состояния БЛТС, что позволяет на основе контроля минимально необходимого набора данных полевых и химико-аналитических исследований оценивать экологическое состояние речных бассейнов. Система целевых показателей и стандартов использована для оценки эффективности реализации природоохранных мер в бассейнах рек региона (таблица).

Экологическая политика по предотвращению качественного истощения водных ресурсов должна основываться на приоритете чистой воды как основы сохранения здоровья населения и жизнеобеспечивающих условий: устойчивого функционирования водных и наземных экосистем, эффективности и качества сельскохозяйственной продукции, воспроизводства рыбных ресурсов, рекреационного и эстетического потенциала водных объектов [8]. С учетом выполненных прогнозов по изменению качества поверхностных вод и водности рек разработаны предложения по развитию государственной наблюдательной сети на водосборах малых рек и созданию объединенной системы агроэкологического и гидрологического мониторинга бассейнового природопользования. Для решения проблемы дефицита оперативных данных мониторинга и несоизмеримости длительности процедур получения и обработки данных с темпами изменения состояния

---

геосистем на водосборах разработана методика автоматизированной тематической обработки данных дистанционного зондирования Земли, что позволяет оперативно поставлять в инфраструктуру пространственных данных результаты дешифрирования снимков водных объектов и землепокровов в пределах бассейнов.

#### 4. Заключение

За последнее столетие средняя густота речной сети в Белгородской области уменьшилась на  $0,1 \text{ км/км}^2$ . Интенсивность деградации речной сети закономерно проявляется от водотоков низких порядков к высоким: отмечены отмирание водотоков I—III порядков, заиление водотоков IV и V порядков, незначительные изменения у водотоков VI и VII порядков. С помощью результатов кластерного анализа и анализа разностных интегральных кривых установлены три типа водосборов. Их различия определяются в основном такими факторами, как порядок реки, площадь водосбора и степень антропогенной нагрузки на него. В зависимости от типа гидрофункционирования определены адаптированные комплексы гидроэкологических мероприятий. Используя разработанную концепцию, авторскую методику и результаты проектирования, возможно обеспечить научное сопровождение программы внедрения бассейновой организации природопользования для одного из регионов России (Белгородской области). Возможности тиражирования использованного подхода может обеспечить универсальная структура базы данных бассейновой организации природопользования, в которой использован опыт по мониторингу речной сети при реализации Рамочной водной директивы ЕС и созданию единой инфраструктуры пространственных данных.

Работа проведена в рамках выполнения базовой части государственного задания НИУ «БелГУ» на 2014 г. по виду работ «Организация проведения научных исследований».

#### Литература

1. Корытный Л. М. Бассейновая концепция в природопользовании. — Иркутск, Изд-во Института географии СО РАН, 2001, 163 с.
2. Кравченко Ю. А. Экстрополяция изменений параметров сложных систем на основе периодической нечеткой клеточной нейронной сети. — Известия Таганрогского государственного радиотехнического ун-та, 2007, т. 73, № 1, с. 242—246.
3. Кузьменко Я. В., Лисецкий Ф. Н., Кирилленко Ж. А., Григорьева О. И. Обеспечение оптимальной водоохранной лесистости при бассейновой организации природопользования. — Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2013, т. 15, № 3, с. 652—657.
4. Кузьменко Я. В., Лисецкий Ф. Н., Нарожняя А. Г. Применение бассейновой концепции природопользования для почвоводоохранного обустройства агроландшафтов. — Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2012, т. 14, № 1(9), с. 2432—2435.

- 5. Кузьменко Я. В., Лисецкий Ф. Н., Пичура В. И.** Оценка и прогнозирование стока малых рек в условиях антропогенных воздействий и изменений климата. — *Современные проблемы науки и образования*, 2012, № 6, с. 619—619.
- 6. Лисецкий Ф. Н., Кириленко Ж. А., Кузьменко Я. В., Маринина О. А.** Мониторинг поверхностных и подземных вод при бассейновой организации природопользования. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013621378 от 28.10.2013 г. — Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем, 2013, № 4.
- 7. Лисецкий Ф. Н., Панин А. Г.** Бассейновая концепция природопользования на сельских территориях Белгородской области. — *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*, 2013, № 1, с. 48—51.
- 8. Моисеенко Т. И., Соромотин А. В., Шалабодов А. Д.** Качество вод и методология нормирования загрязнения. — *Вестник Тюменского государственного ун-та*, 2010, № 7, с. 5—19.
- 9. Пичура В. И.** Применение интеллектуальных искусственных нейронных сетей для прогнозирования химических показателей оросительной воды (на примере Ингулецкого магистрального канала). — *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*, 2012, № 2, с. 17—28.
- 10. Симонов Ю. Г., Симонова Т. Ю.** Речной бассейн и бассейновая организация географической оболочки. — *Эрозия почв и русловые процессы*, 2003, вып. 14, с. 7—32.
- 11. Чендев Ю. Г.** Изменение во времени компонентов географической среды Белгородской области. — Белгород, 1997, с. 35, 48—52, 60—64.
- 12. Юшкина О. А., Земцов В. А.** Влияние режима стока рек и степени его естественной зарегулированности на параметры динамических систем речных бассейнов. — *Вестник Томского государственного ун-та*, 2008, вып. 316, с. 213—218.
- 13. European Communities** 2000 Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy. — *Official Journal of the European Communities*, 2000, L. 327, pp. 1—72.
- 14. Islam M., Sivakumar N., and Sivakumar B.** Characterization and prediction of runoff dynamics: A nonlinear dynamical view. — *Adv. Water Resour.*, 2002, vol. 25, No. 2, pp. 179—190.
- 15. Ivanov I. V. and Lisetskiy F. N.** Correlation of soil formation rhythms with periodicity of solar activity over the last 5000 years. — *Transactions (Doklady) of the Russian Academy of Sciences. Earth Science Sections*, 1996, vol. 340, No. 1, pp. 189—194.
- 16. Jayawardena A. W. and Lai F.** Analysis and prediction of chaos in rainfall and stream flow time series. — *J. Hydrol.*, 1994, No. 153, pp. 23—52.
- 17. Naddeo V., Scannapieco D., Zarra T., and Belgiorno V.** River water quality assessment: Implementation of non-parametric tests for sampling frequency optimization. — *Land Use Policy*, 2013, No. 30, pp. 197—205.
- 18. Porporato A. and Ridolfi L.** Nonlinear analysis of river flow time sequences. — *Water Resour. Res.*, 1997, No. 33, pp. 1353—1367.
- 19. Spatial Data Infrastructures in Germany: State of Play 2007.** — Country report on SDI elaborated in the context of a study commissioned by the EC (EUROSTAT) in the framework of the INSPIRE initiative (under Framework Contract REGIO/G4-2002-02-Lot 2), February 2008; <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/stateofplay2007/rcr07DEv111.pdf>.