

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

УДК 556.16:631.62

ШЕШКО

Николай Николаевич

**ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРРИТОРИИ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук

по специальности

05.23.16 – «Гидравлика и инженерная гидрология»

Минск, 2013

Работа выполнена в **Брестском государственном техническом университете**

Научный руководитель:

Логинов Владимир Федорович

академик НАН Беларуси, доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник ГНУ «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси»

Официальные оппоненты:

Лихацевич Анатолий Павлович,

член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Республиканского научного дочернего унитарного предприятия «Институт мелиорации»

Юхновец Владимир Николаевич

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Кораблестроение и гидравлика» Белорусского национального технического университета

Оппонирующая организация:

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

Защита состоится «17» мая 2013 г. в 16:00 часов на заседании Совета по защите диссертаций Д 02.05.10 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, проспект Независимости, 65, корп. 1, ауд. 202, телефон ученого секретаря (017) 265-64-21.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан « 12 » апреля 2013 г.

Учёный секретарь совета
по защите диссертаций



Л.В.Нестеров

ВВЕДЕНИЕ

Постановка проблемы и её актуальность. Национальный парк «Беловежская пушча» является особо охраняемым природным объектом, специально учрежденным для сохранения и изучения уникального растительного и животного мира Беловежской пушчи. В последние десятилетия экосистема парка подвергалась активному воздействию естественных и антропогенных факторов (изменения климата, хозяйственная деятельность). Последние оказали существенное влияние на биоценозы Беловежской пушчи. Без изучения указанных факторов и их последствий невозможно разработать мероприятия по сохранению сложившихся естественных биоценозов парка. Они должны быть направлены в первую очередь на восстановление и сохранение ранее существовавших геосистем. Научное обоснование мероприятий по их сохранению является важнейшей практической задачей.

Одним из основных условий сохранения этого уникального природного объекта является поддержание естественного уровня грунтовых вод. Собственно поэтому в диссертации уделено основное внимание изучению изменений уровней грунтовых вод. По данным мониторинга и экспедиционных исследований указанные изменения определяются не только климатическими колебаниями, но и трансформацией гидрографической сети, которые в результате хозяйственной деятельности оказались существенными за последние десятилетия. В этой связи вопросы изучения изменения гидрографической сети Беловежской пушчи и прилегающих территорий имеют особую актуальность.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами

Диссертационная работа выполнялась в рамках ГПОФИ «Природопользование» (задание 23 «Оценка природно-ресурсного и демографического потенциала, разработка прогноза развития техногенно-преобразованных территорий Белорусского Полесья» (№ гос. регистрации 20064813), 2006 – 2010 гг.); Плана управления Национальным парком «Беловежская пушча» 2007 – 2008 гг.; НИР «Изучение влияния климатических изменений и других факторов на природный комплекс Беловежской пушчи, колебания уровня грунтовых вод в целях разработки мероприятий, направленных на поддержание гидрологического режима и сохранения биологического и ландшафтного разнообразия» (№ гос. регистрации 20083171), 2008 г.); БРФФИ Наука М «Оценка и прогноз гидролого-климатических и гидрогеологических характеристик природно-территориального комплекса Беловежская пушча» (№ гос. регистрации 20104312), 2010 – 2012 гг.

Цель и задачи исследования

Цель исследования: основная цель заключается в выявлении закономерностей формирования и разработке прогноза водного режима для сохранений биоразнообразия и природных ландшафтов территории Национального парка «Беловежская пушча» в условиях изменяющегося климата и усиливающихся антропогенных воздействий с использова-

нием адаптированных и разработанных методов оценки колебаний гидрологических и гидрогеологических характеристик.

Задачи исследования:

- адаптировать существующие и разработать новые методы и программы для приведения временных рядов наблюдений за уровнями грунтовых вод (УГВ) к расчетным периодам;
- разработать методику оценки трансформации гидрографической сети и выполнить районирование территории по степени её трансформации;
- создать многослойную геоинформационную систему (ГИС) гидрологической информации по территории парка;
- усовершенствовать методику оценки параметров режима работы наблюдательной сети УГВ и на её основе разработать эффективную программу мониторинга УГВ Национального парка;
- оценить пространственно-временные колебания УГВ под воздействием антропогенных и климатических факторов по территории Национального парка «Беловежская пуца» в современных условиях и дать прогнозную оценку их изменениям.

Объект исследования: гидрологические и гидрогеологические характеристики природно-территориального комплекса «Беловежская пуца».

Предмет исследования: пространственно-временные изменения гидрологических и гидрогеологических параметров в условиях антропогенной деятельности и изменяющегося климата.

Положения, выносимые на защиту

1. Способ приведения к репрезентативному периоду временных рядов УГВ, основанный на использовании статистических моделей с месячным и годовым разрешением, который позволил выполнить восстановление и экстраполяцию временных рядов наблюдений УГВ в пределах природно-территориального комплекса «Беловежская пуца».

2. Методика количественной оценки трансформации гидрографической сети, основанная на анализе динамики изменений площадей водосбора, и включающая возможность выполнения дистанционных исследований гидрографических сетей, в совокупности с разработкой модели гидрографической сети природно-территориального комплекса, реализованной в геоинформационной системе гидрографической сети, что позволило оценить изменения характеристик водосборов основных рек Национального парка «Беловежская пуца».

3. Способ оценки расчетных гидрологических характеристик, позволяющий на основе материалов разовых гидрометрических измерений и закономерностей формирования стока в регионе, выполнить оценку основных параметров русла водотока, соответствующих расходу расчетной обеспеченности.

4. Уточненный и адаптированный к территории Национального парка «Беловежская пуца» способ оценки параметров работы наблюдательной сети позволивший более точно и при меньших экономических затратах определить гидрологические параметры и режи-

мы работы сети УГВ в пределах природного комплекса «Беловежская пуца» и отличающийся от существующего возможностью учета локальных особенностей территории.

Личный вклад соискателя

Диссертационная работа является самостоятельным научным исследованием, основывающимся на анализе литературных, картографических материалов и данных гидрологического и гидрогеологического мониторинга. Автор лично принимал участие в экспедиционных исследованиях, постановке задачи исследования, разработке ГИС гидрографической сети. Разработанные методы и способы оценки гидрологических и гидрогеологических характеристик и на их основе полученные новые научные результаты по территории Национального парка, позволяют повысить эффективность реализации принимаемых управленческих решений по сохранению уникальных природных объектов.

Апробация результатов диссертации

Основные результаты исследований были доложены на 6-й Международной конференции Young Scientists BioPhys Spring (Люблин, 2007); Международной научной конференции «Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця» (Брест, 2008, 2010); Международной научной конференции «Теория вероятностей, случайные процессы, математическая статистика и приложения» (Минск, 2008, 2010); Международной научно-практической конференции «Географические проблемы устойчивого развития: теория и практика» (Алма-Аты, 2008); Международной научно-практической конференции «Сахаровские чтения: экологические проблемы XXI века» (Минск, 2009, 2011); Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию мелиоративно-строительного факультета «Мелиорация и водное хозяйство XXI века. Наука и образование» (Горки, 2009); International Conference on Climate Change «The environmental and socio-economic response in the southern Baltic region» (Szczecin, 2009); Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности мелиорации и сельскохозяйственного использования мелиорированных земель» (Минск, 2009); Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в мелиорации и сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель» (Минск, 2010); Международной научно-практической конференции «Мониторинг окружающей среды» (Брест, 2010).

Опубликованность результатов диссертации

7 статей в научных изданиях, включенных в перечень ВАК Республики Беларусь, общий объем 2,9 авторских листа; 17 других научных публикаций (из них 5 – статей в сборниках научных докладов и конференций, общий объем 1,2 авторского листа, 12 – тезисов докладов).

Структура и объем диссертации

Диссертация содержит: введение, общую характеристику работы, 4 главы основной части, заключение, библиографический список и 5 приложений. Объем диссертации составляет 157 страниц. Работа содержит 45 рисунков на 40 страницах, 50 таблиц на 32 страницах, 5 приложений на 25 страницах. Библиографический список содержит 136 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **первой главе** выполнен обзор исследований гидрологических и гидрогеологических условий природно-территориального комплекса «Беловежская пушча». Представлены основные физико-географические особенности исследуемой территории. Проанализированы рельефные особенности объекта. Обоснованно направление работы и описаны основные цели и задачи исследования.

Значительный вклад в изучение водных ресурсов Беларуси внесли Булавко А.Г., Волчек А.А., Михневич Э.И. и др. Исследованиям вопросов водного режима мелиоративных систем и их влияния на прилегающие территории посвящены работы Вахонина Н.К., Лихацевича А.П. и др. Отдельно следует отметить исследования, посвященные оценке антропогенной составляющей в колебаниях (изменениях) климата, выполненные Лиштваном И.И., Логиновым В.Ф., Хомичем В.С. и др. Изучение естественных процессов и природных особенностей Национального парка «Беловежская пушча» можно хронологически разделить на два основных этапа. Первый этап включает проведенные, а также планируемые мелиоративные мероприятия на прилегающих болотных массивах [Бирюков И.С., Киселёв П.А., Молчанов А.А., Петров Е.Г., Роговой П.П., Утенкова А.П., Толкач В.Н. и др.]. Второй этап активизации изучения территории приходится на конец XX и начало XXI вв. Он связан с потеплением климата в глобальном и региональном масштабах, и, как следствие, с увеличением популяции короедов-типографов в лесном массиве Национального парка [Бамбалов Н.Н., Окрушко Т., Окулик Н.В., Пашкевич О.Н., Пугачевский А.В., Савицкий Б.П., Wozzon A., Pierzgaliski E. и др.]. Научные работы, посвященные проблемам данной территории, выполнены в основном биологами. Гидрологические исследования этой территории проводились крайне редко. Таким образом, в современных условиях требуются выполнение новых исследований основных гидрологических и климатических параметров природно-территориального комплекса «Беловежская пушча».

Вторая глава содержит обзор современных методов анализа и интерпретации основных гидрологических и гидрогеологических характеристик территории. В ней описаны расчетные и аналитические методы оценки трансформации гидрографической сети и представлен разработанный диссертантом алгоритм приведения временных рядов наблюдений УГВ к расчетным периодам.

В рамках диссертационного исследования разработана ГИС гидрографической сети природно-территориального комплекса «Беловежская пушча», в основу которой положены существующие картографические материалы. За прошедшее столетие детальное и наиболее точное картирование проводилось два раза. Впервые оно выполнялось польскими картографами в 30-х годах XX столетия. Состояние гидрографической сети на тот момент можно расценивать как наименее подверженное антропогенному воздействию. В 1984–1988 гг. были подготовлены обновленные топографические карты, принятые за основу при разработке ГИС.

При оцифровке доступных картографических материалов информация записывалась в базу данных ГИС в географических координатах. В качестве геодезической системы сопоставления использовалась система WGS-84. Такой способ записи дал возможность легко трансформировать данные в новую систему плоских координат. Это было необходимо для проведения пространственного анализа. Разработанная автором ГИС гидрографической сети природно-территориального комплекса «Беловежская пушча» включает более 2400 линейных (водотоков) и более 100 полигональных объектов.

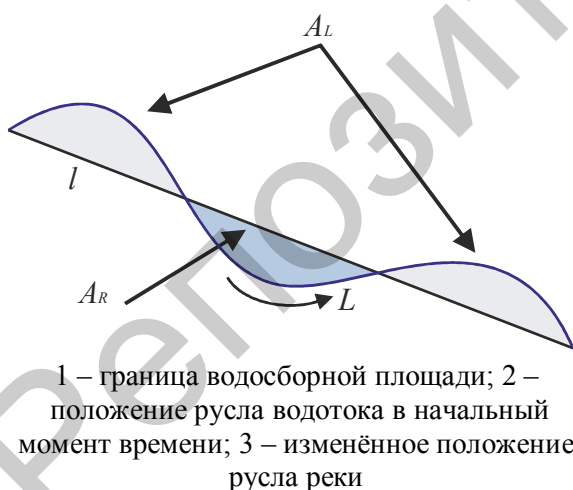
В настоящее время для дистанционного исследования состояния гидрографической сети используются два основных параметра: извилистость и густота гидрографической сети. Однако, оперируя только этими параметрами, невозможно полностью описать трансформацию гидрографической сети. В некоторых случаях при значительных изменениях положения русла реки извилистость и густота гидрографической сети не изменяется, что позволяет сделать вывод о недостаточности данных показателей для количественной оценки таких трансформаций.

Для характеристики формы реки в плане, как правило, используется коэффициент извилистости участка русла реки ρ . Описание извилистости реки, особенно ее отдельных участков, коэффициентом ρ затруднено вследствие слабой его чувствительности. Для этого в формулу расчёта коэффициента ρ автором предложено ввести безразмерный поправочный коэффициент ξ (коэффициент асимметрии водосбора)

$$\rho' = \frac{L}{l \cdot \xi}, \quad (1)$$

где L – длина участка русла реки основного тальвега, м;

l – расстояние по прямой между началом участка реки и его окончанием, м.



1 – граница водосборной площади; 2 – положение русла водотока в начальный момент времени; 3 – изменённое положение русла реки

Рисунок 1 – Схема трансформации гидрографической сети

Коэффициент ξ прямо пропорционален разности площадей, расположенных справа и слева от русла реки, образованных пересечением траектории русла реки и линии, соединяющей начало и конец исследуемого участка реки, и обратно пропорционален длине русла реки L , а также расстоянию между началом исследуемого участка реки и его окончанием l (рисунок 1). В этом случае, формулу для определения ξ можно записать в общем виде

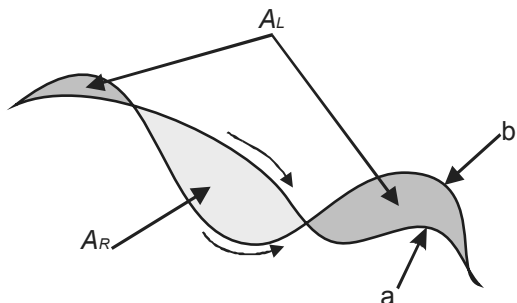
$$\xi = \frac{|\sum A_R - \sum A_L|}{L \cdot l} \cdot \alpha + 1, \quad (2)$$

где α – безразмерный постоянный коэффициент пропорциональности.

В качестве количественного показателя изменения положения водотоков предложена величина среднего смещения $S_{\text{общ}}$, м, русла реки на единицу её длины

$$S_{\text{общ}} = \frac{\sum A_R + \sum A_L}{L}, \quad (3)$$

где $\sum A_R$ и $\sum A_L$ – сумма площадей фигур, образованных пересечением линий русла реки основного тальвега в начальный момент времени (t_a) и в текущий момент времени (t_b) (рисунок 2), м².



а – положение линии русла реки в момент времени t_a ; б – положение линии русла реки в момент времени t_b

Рисунок 2 – Схема смещения русла реки

Для получения дополнительного параметра количественной оценки трансформации участка русла реки представим формулу (3) в виде

$$S_{\text{напр}} = \frac{\sum A_R - \sum A_L}{L}. \quad (4)$$

Величина направленного смещения $S_{\text{напр}}$, м, в формуле (4) позволяет оценить преобладающее среднее смещение русла реки на единицу его длины.

Полученные расчётные зависимости позволяют количественно оценить трансформацию гидрографической сети участка русла реки во времени и пространстве.

С использованием применяемых в гидравлике и гидрологии подходов, разработан способ, позволяющий использовать материалы разовых гидрометрических наблюдений для оценки характеристик и параметров стока различной расчётной обеспеченности. Для этого по результатам стандартных гидрометрических работ определяются отметки характерных точек русла, на основе которых строится поперечный профиль русла, и вычисляются площади поперечного сечения, смоченный периметр и гидравлический радиус для различной глубины наполнения водотока.

На основе результатов промерных и камеральных работ выводится зависимость площади поперечного сечения ω , м², от средней глубины h_{cp} , м. Аналогично определяется зависимость смоченного периметра χ , м, и гидравлического радиуса R , м. Используя полученные массивы данных $[\omega, h_{\text{cp}}]$ и $[R, h_{\text{cp}}]$, выполняется оценка параметров регрессионной модели второго порядка.

Определение зависимости площади живого сечения от средней глубины в форме функции вида (5) дает возможность численного решения уравнения Шези по средней глубине потока

$$Q_{P\%} = \omega_{P\%} C_{P\%} \sqrt{R_{P\%} i}, \quad (5)$$

где $C_{P\%}$ – коэффициент Шези, м^{0,5}/с;

$i = i_0$ – гидравлический уклон, при равномерном установившемся движении i

можно принять равным среднему уклону дна водотока (первое допущение), безразмерная.

Уравнение (5) следует рассматривать в виде системы уравнений

$$\begin{cases} Q_{P\%} = \omega_{P\%} C_{P\%} \sqrt{R_{P\%}} i \\ \omega_{P\%} = \alpha_{\omega} \cdot (h_{\text{ср } P\%} - h_{\text{ср}}^{\text{meas}})^2 + \beta_{\omega} \cdot (h_{\text{ср } P\%} - h_{\text{ср}}^{\text{meas}}) + \omega^{\text{meas}} \\ R_{P\%} = \beta_R \cdot (h_{\text{ср } P\%} - h_{\text{ср}}^{\text{meas}}) + R^{\text{meas}} \\ C_{P\%} = R_{P\%}^{2,5\sqrt{n}-0,13-0,75\sqrt{R_{P\%}}(\sqrt{n}-0,1)} n^{-1} \end{cases} \quad (6)$$

Как видно из системы (6), количество неизвестных больше, чем количество уравнений. Исходя из этого сделано второе допущение следующего содержания – измеренные значения гидравлических характеристик стока: Q^{meas} , м³/с; R^{meas} , м; ω^{meas} , м²; C^{meas} , м^{0,5}/с; i , безразмерная, и искомая средняя глубина воды заданной обеспеченности $h_{\text{ср } P\%}$, м, относятся к одному гидрологическому сезону.

Следует отметить, что при численном решении системы (6) необходимо учитывать границы применимости регрессионных уравнений. Решение должно находиться в пределах $0 < h_{\text{ср } P\%} < \text{Max}[h_{\text{ср}}]$, так как экстраполяция данных зависимостей может привести к ошибочным результатам. На следующем этапе камеральной обработки проводятся исследования с целью выявления водности гидрологического года для исследуемой реки.

Для определения водности текущего года следует подобрать реку-аналог, имеющую репрезентативный ряд наблюдений за гидрологическим режимом. Как показал предварительный анализ, водность года с высокой достоверностью аппроксимации (корреляция $> 0,75$) определяют месяцы, предшествующие расчётному. При определении параметров функции распределения (трехпараметрическое гамма распределение) рекомендовано применять метод наибольшего правдоподобия. Для реки-аналога строится регрессионная зависимость стока реки за первые месяцы года и водности года в целом (более обоснованно использовать гидрологический год) для того, чтобы выявить статистическую связь функций распределения случайной величины среднегодового стока реки и среднего стока воды отдельных месяцев года

$$F(Q_{\text{год}}) = \psi \cdot F'(Q_{\text{ср } n \text{ мес}}) + \zeta, \quad (7)$$

где $Q_{\text{год}}$ – среднегодовой сток реки, м³/с;

$Q_{\text{ср } n \text{ мес}}$ – средний сток реки за n -месяцев года, м³/с;

$F'(Q_{\text{ср } n \text{ мес}})$ – значение функции плотности распределения случайной величины среднего стока реки за n -месяцев года;

$F(Q_{\text{год}})$ – значение функции плотности распределения случайной величины среднегодового стока реки;

ψ и ζ – параметры регрессионной модели, безразмерные.

В результате обработки данных наблюдений строится ряд линейных зависимостей (7) при различном количестве используемых среднемесячных значений (от 1 до 11 месяцев). Из этого ряда производится выбор расчётной зависимости путём сопоставления полученной точности линейной аппроксимации с её критическим значением.

На основе расчётной зависимости вычисляется значение водности текущего года. Сопоставление водности текущего года реки-аналога и исследуемой реки позволяет обоснованно выбрать внутригодовое распределение стока из ТКП 45-3.04-168-2009, а также получить оценки расчётного значения среднегодового стока при текущем уровне водности года. Таким образом, измеренный расход в створе временного гидрологического поста можно сопоставить с его расчётным значением и провести первичную верификацию полученных результатов расчёта.

Результаты расчётов характеристик и параметров стока при обработке разовых измерений были проверены на достоверность на р. Лесная в створе, не имеющем многолетних наблюдений. Получены значения средней глубины и средней скорости потока в рассматриваемом створе, соответствующие расходу расчётной обеспеченности.

Помимо методов анализа и оценки гидрологических характеристик территории в данной главе приведены методы анализа временных рядов УГВ. Для анализа и разработки прогнозных оценок изменений УГВ были использованы результаты многолетних инструментальных наблюдений за УГВ, полученные Гидрогеологической экспедицией Республики Беларусь на территории НП «Беловежская пуща». Наблюдения ведутся на более чем 70 гидрогеологических скважинах. В рамках настоящего исследования использованы данные с 55 скважин, расположенных в наиболее характерных районах Беловежской пущи. Глубина закладки скважин варьируется в широких пределах (2...140 м) в зависимости от гидрогеологических условий. В хронологическом ходе среднемесячных УГВ по всем гидрогеологическим скважинам имеют место пропуски (пропуски наблюдений среднемесячных УГВ составляют около 20 % по различным скважинам), которые необходимо восстановить. Кроме того, для совместного анализа временных рядов немаловажным является наличие равных периодов наблюдений по всем скважинам.

Среднегодовые значения УГВ являются более устойчивыми во времени и, соответственно, точность их прогноза будет выше по сравнению со среднемесячными значениями. На первом этапе создания базы данных наблюдений УГВ было необходимо выполнить восстановление среднегодовых значений УГВ. Для подобных задач принято использовать регрессионную, множественную регрессионную и авторегрессионную статистические модели гидрометеорологических процессов. Каждая из них имеет свои преимущества и недостатки. Для решения задачи приведения временных рядов УГВ к расчётным периодам в рамках данного исследования применялись однофакторные регрессионные модели, в случае невозможности их использования – многофакторные, и в последнюю очередь – авторегрессионные.

Для оценки применимости каждой из вышеназванных моделей задавалось условие:

$$\begin{cases} r \geq m_r \cdot t_{\alpha,df} \vee R \geq m_R \cdot t_{\alpha,df} \\ b_i \geq m_{b_i} \cdot t_{\alpha,df} \end{cases}, \quad (8)$$

где r и R – коэффициенты парной и множественной корреляции соответственно;

$t_{\alpha,df}$ – значение t -критерия Стьюдента (двустороннего) при уровне значимости α и числе степеней свободы df ;

b_i – коэффициент регрессии i -го фактора;

m – средняя ошибка оцениваемого параметра.

При сопоставлении коэффициента множественной корреляции с его критическим значением учитывался «системный эффект», определяемый как разность коэффициента множественной корреляции и суммы долей дисперсий моделируемого показателя описанных дисперсией факторов. Коэффициент «чистой» (за вычетом «системного эффекта») детерминации множественной корреляции определялся как:

$$R^2_{\text{чист}} = \sum_j \beta_j^2 \geq m_R \cdot t_{\alpha,df} \quad (9)$$

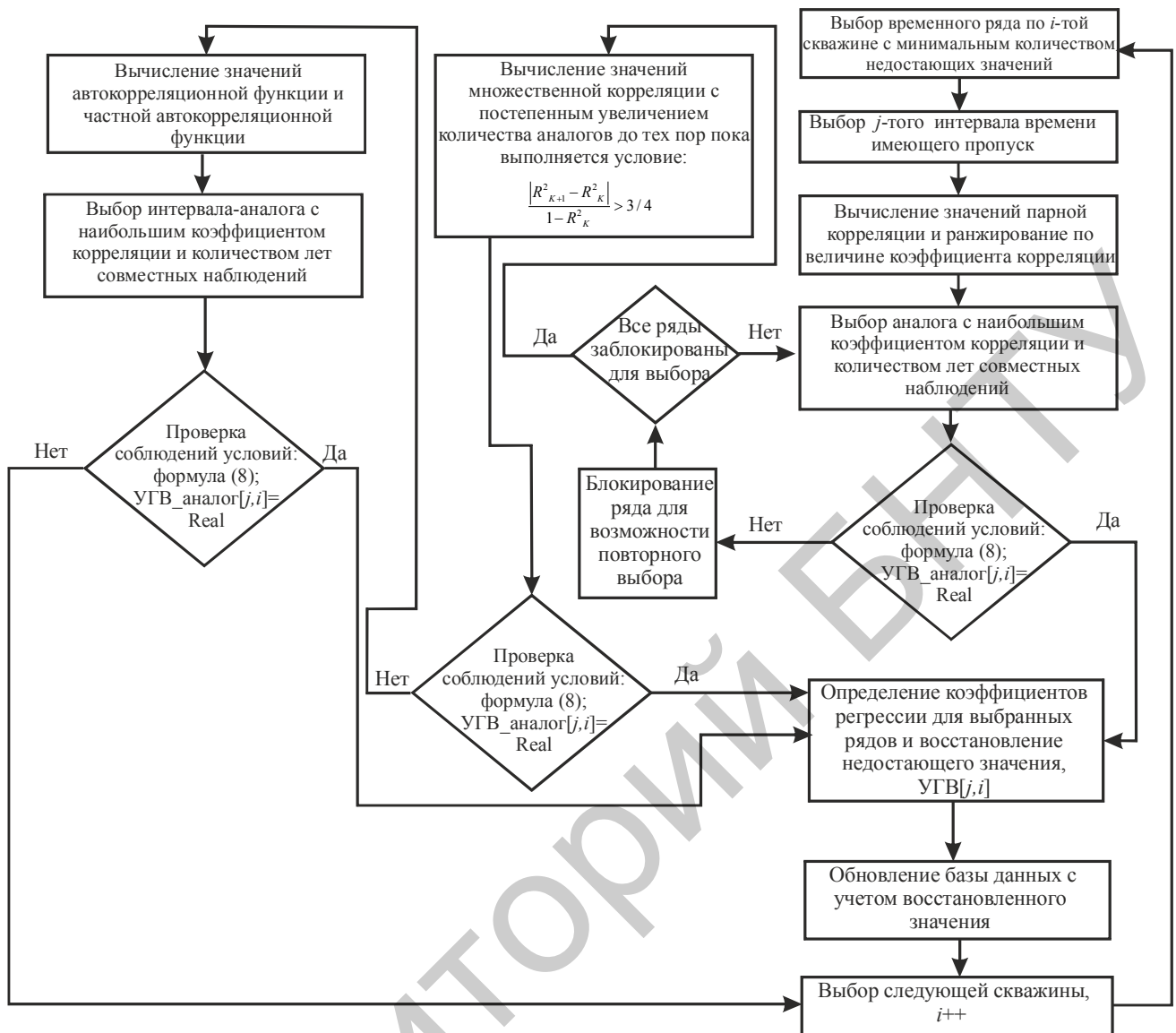
где β_j – стандартизированный коэффициент регрессии j -ого фактора. Данный коэффициент равен отношению дисперсии σ_{xj}^2 , описанной j -м фактором, к общей дисперсии моделируемой величины, делённому на коэффициент парной корреляции между j -м фактором и моделируемой величиной:

$$\beta_j = \left(\frac{\sigma_{xj}^2}{\sigma_y^2} \right) / r_{xjy} \quad (10)$$

В свою очередь, основой для определения вида и порядка авторегрессионной модели является анализ выборочных автокорреляционных функций (АКФ) и частных автокорреляционных функций (ЧАКФ). На основе вышеописанных результатов автором предложен способ восстановления пропущенных данных (пропусков) и экстраполяции рядов наблюдений УГВ природно-территориального комплекса «Беловежская пуца», представленный в виде блок-схемы на рисунке 3.

В основу данного алгоритма положены три вида статистических моделей, описанные выше. При проверке применимости моделей, кроме соблюдения условия (8), необходимо иметь значения УГВ скважины-аналога в расчётный момент времени. Для каждой конкретной модели необходимо проверять условия (8) для всех возможных скважин-аналогов. В том случае, если ни одна скважина-аналог не соответствует поставленным условиям, необходимо использовать многофакторную модель, основанную на использовании одновременно нескольких скважин-аналогов. Увеличение количества используемых аналогов производят до тех, пока включение дополнительного фактора дает уменьшение величины необъяснённой дисперсии моделируемого ряда на 75 %. После выполнения данных операций вновь проводится проверка условия (8).

Таким образом, разработанный способ позволил привести базу данных наблюдений УГВ к единым расчётным периодам. Предложенный способ позволяет применять не только однофакторные, но и многофакторные модели, а также автокорреляционные модели. Это особенно важно, когда имеются слабокоррелированные ряды наблюдений, что действительно имело место в базах данных наблюдений УГВ природно-территориального комплекса «Беловежская пуца».



UГВ[j,i] – величина UГВ по i-той j-того интервала скважине; R_k и R_{k+1} – коэффициенты множественной корреляции при различном количестве факторов модели

Рисунок 3 – Алгоритм восстановления пропусков в наблюдениях UГВ

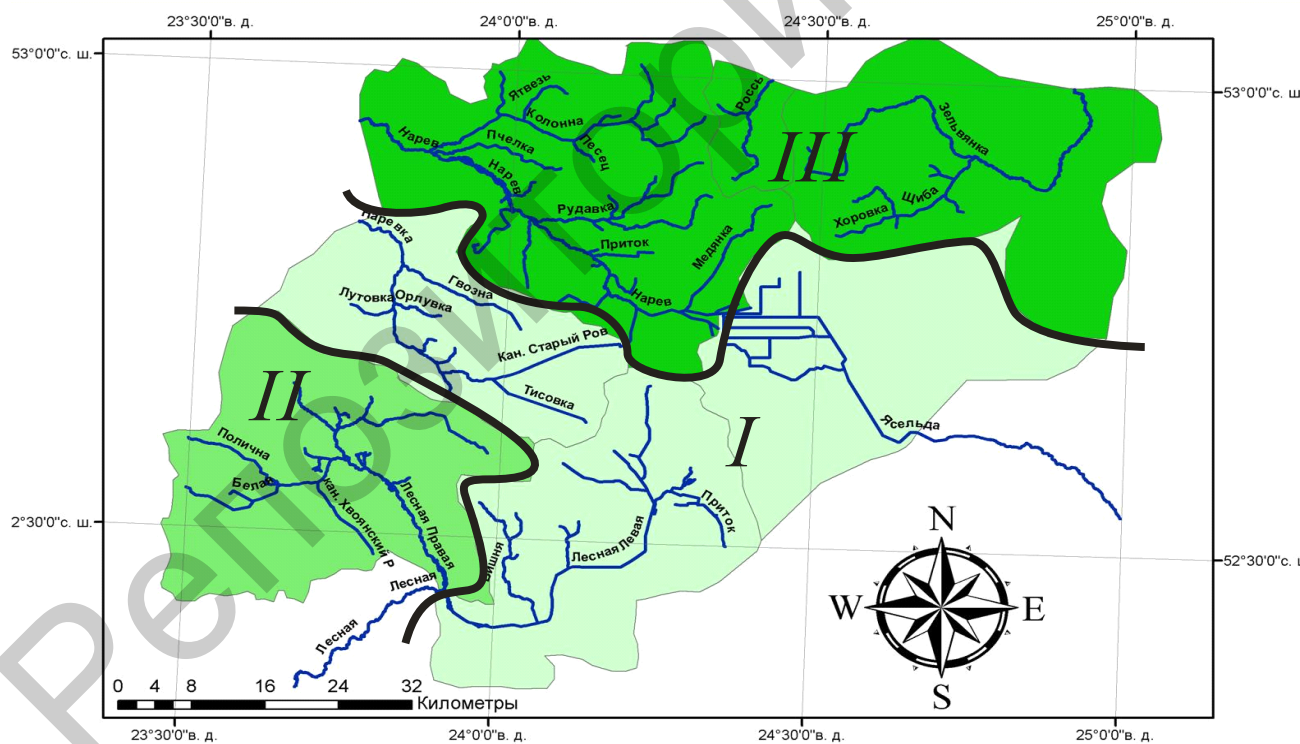
Глава 3 посвящена оценке гидрологических и гидрографических условий природно-территориального комплекса «Беловежская пуща». На основе созданной ГИС гидрографической сети проанализировано состояние водотоков и выделены наиболее трансформированные в результате антропогенной деятельности водосборы. Выполнен численный эксперимент изменения стока осушенных болотных массивов, прилегающих к территории Национального парка. Проведена апробация подходов оценки параметров и характеристик русла реки, соответствующих расходу расчетной обеспеченности.

На основе предложенной системы расчетных зависимостей (глава 2) и разработанной ГИС гидрографической сети природно-территориального комплекса «Беловежская пуща» (рисунок 4) выполнен анализ антропогенных воздействий на гидрографическую сеть в пределах основных водосборов (таблица 1). Выявлено, что водосборы рек Нарев и Россь имели наибольшие значения густоты гидрографической сети по данным 1930 г. и наименее трансформированы в результате антропогенной деятельности (увеличение густоты гидрографической сети не более чем в два раза). Для

водосборов таких рек, как Лесная Левая, Лесная Правая, Наревка, Ясельда, в результате строительства открытых каналов мелиоративных систем произошло увеличение густоты гидрографической сети более чем в четыре раза. При этом данные водосборы в начало века имели наименьшую густоту гидрографической сети. Обобщение полученных данных позволило выделить три зоны трансформации густоты гидрографической сети. Выделенные зоны согласуются с расположением наиболее крупных гидро-мелиоративных систем.

Таблица 1 – Основные реки природно-территориального комплекса «Беловежская пуща» и их характеристики

Наименование реки	Площадь участка водосбора, км ²	Площадь озер и водоемов в пределах бассейна, га	Густота гидрографической сети, км/км ²		Увеличение густоты гидрографической сети	Зона (см. рисунок 4)
			на 1930 г.	на 2005 г.		
Зельвянка	888	117	0,116	0,165	1,43	III
Лесная Лев.	808	16,1	0,162	0,685	4,22	II
Лесная Прав.	893	251	0,159	0,828	5,20	I
Нарев	1119	10	0,212	0,419	1,98	III
Наревка	593	102	0,164	0,913	5,58	I
Россь	119	4,0	0,172	0,230	1,34	III
Ясельда	820	540	0,148	0,662	4,48	II



I – сильно трансформированный водосбор; II – умеренно трансформированный водосбор; III – незначительно трансформированный водосбор

Рисунок 4 – Схема гидрографической сети и её зонирование по степени трансформации

Выделение водосборов по степени трансформации гидрографической сети и последующее зонирование природно-территориального комплекса «Беловежская пушча» осуществлялась на основе количественных показателей. Используя шкалу, приведенную в таблице 1, выделены следующие группы водосборов по степени их трансформации: I – сильно трансформированный водосбор; II – умеренно трансформированный водосбор; III – незначительно трансформированный водосбор. Схема гидрографической сети и разделение на зоны в зависимости от степени трансформации представлены на рисунке 4.

Глава 4 посвящена решению задач приведения временных рядов наблюдения за УГВ к расчётным периодам на основе разработанного автором алгоритма. Выполнен анализ основных статистических показателей временных рядов УГВ в годовом и внутригодовом ходе. Выполнена оптимизация программы наблюдений за УГВ, которая позволила оценить оптимальные значения (с точки зрения соотношения точности и экономических затрат для её достижения) интервала (дискретности) наблюдений, достаточной продолжительности непрерывных наблюдений и расстояния между наблюдательными скважинами (при учёте фактора выраженности рельефа). Даны прогнозные оценки величины УГВ на 2015 год по отдельным скважинам, выполнена оценка зоны влияния мелиоративных систем на прилегающие лесные массивы.

Как правило, программа наблюдений УГВ должна предусматривать определённую частоту измерений, достаточную продолжительность непрерывных наблюдений, позволяющую с достаточной степенью точности оценить основные статистические параметры временных рядов и необходимую плотность (густоту) скважин на местности. В качестве критерия оценки точности измерений можно использовать долю описанной дисперсии ряда за счёт повышения частоты измерений, а для оценки затрат – функцию эффективности, показывающую насколько экономически обосновано получение дополнительной информации. Для решения оптимизационной задачи в таких случаях может использоваться геолого-экономическая целевая функция, соответствующая разности нормированной точности оценок показателей и нормированных затрат на достижение данной точности.

Для упрощения анализа и сопоставления результатов принято использовать относительные показатели вместо абсолютных значений точности и затрат. Относительные показатели λ_E точности и λ_C затрат определялись по формулам:

$$\lambda_{E_i} = \frac{E_{\max} - E_i}{E_{\max} - E_{\min}}; \quad (11)$$

$$\lambda_{C_i} = \frac{C_{\max} - C_i}{C_{\max} - C_{\min}}, \quad (12)$$

где E_{\max} , E_{\min} и E_i – соответственно, максимальная, минимальная и i -тая точность;
 C_{\max} , C_{\min} и C_i – соответственно, максимальные, минимальные и i -тые затраты.

Определение эффективного интервала дискретности проводилось для 6 гидрогеологических скважин. При этом использовался период наблюдений 4–5 лет. Дискретность

исходного временного ряда по выбранным скважинам равна $t = 3$ суток. Постепенно увеличивая дискретность, вычислены матрицы $\{\lambda_E, \lambda_C, |\lambda_E - \lambda_C|\}$ для каждой скважины, на основе которых построены графики (рисунок 5). Полученные результаты позволили заключить, что эффективная дискретность измерений составляет для большинства гидрогеологических скважин $t = 12 \dots 18$ суток.

На втором этапе проводилась поиск эффективной продолжительности наблюдений за среднегодовыми значениями УГВ. Продолжительность многолетних наблюдений влияет на точность оценок основных статистических моментов (среднегодовой уровень, его вариация и асимметрия функции распределения). На основе общей концепции мониторинга, можно утверждать, что чем ряд наблюдений продолжительнее, тем он достоверней. Тем не менее, возможна и такая постановка задачи: при какой минимальной продолжительности наблюдений выборочные значения с достаточной точностью для практических целей описывают генеральную совокупность? Для условий Национального парка «Беловежская пуща» в данной работе эта задача решена. Выявлено, что для большинства скважин эффективная продолжительность гидрогеологических наблюдений составляет в среднем 14 лет.

Оценка эффективной плотности размещения наблюдательных скважин по территории наиболее сложна, так как связана с большим количеством внешних факторов, таких как: сложность рельефа, геологическое и гидрогеологическое строение, расположение водных объектов, уровень антропогенного воздействия и, наконец, целевое назначение наблюдательной сети.

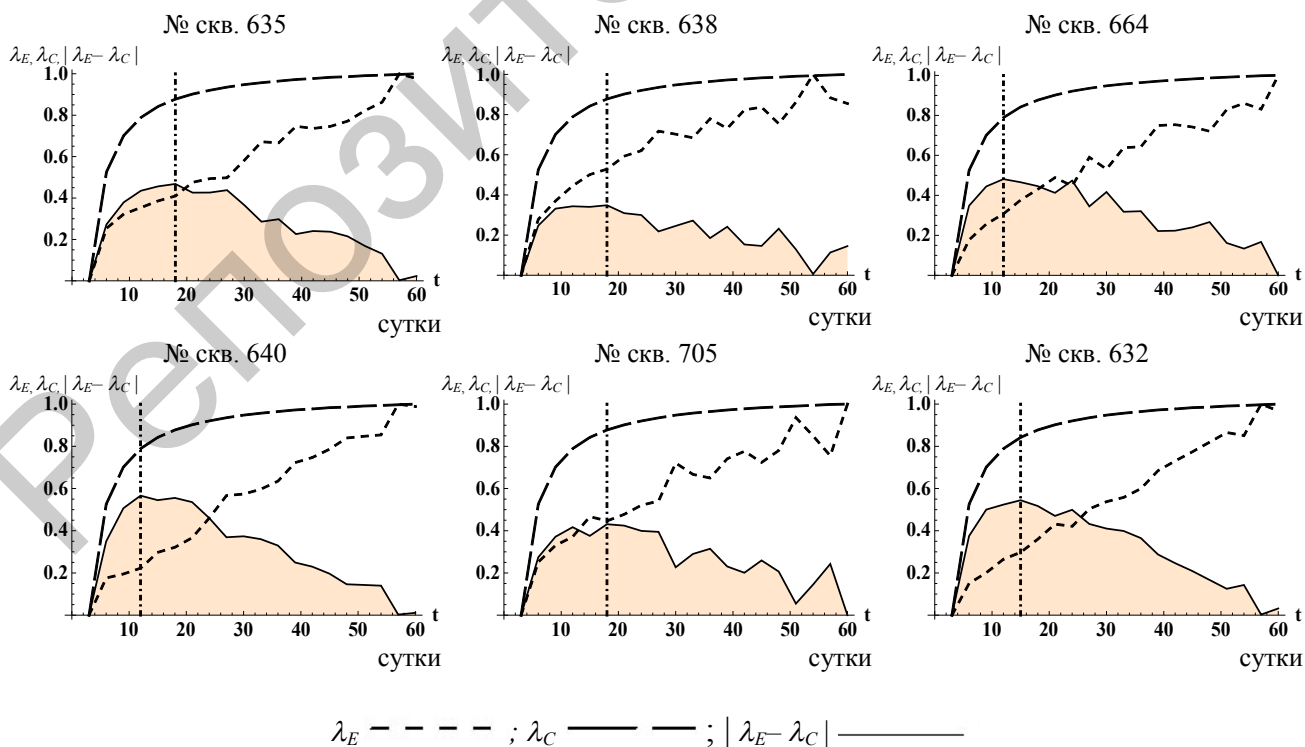


Рисунок 5 – Зависимости точности интерполяции УГВ (λ_E), затрат на измерения (λ_C) и целевой функции ($|\lambda_E - \lambda_C|$) от интервала дискретности измерений (t)

В данном случае поиск эффективной густоты наблюдательной сети выполнялась с учетом характеристик рельефа и геологического строения территории. В основу алгоритма оценки точности интерполяции УГВ в пространстве использована методика крайгинг-оценок. Оценка густоты наблюдательных скважин начиналась при шаге (расстоянии между скважинами) 10 м, который постепенно увеличивался. Затраты на увеличение числа наблюдательных скважин подсчитывались, исходя из интервала дискретности измерений 12...18 суток и продолжительности наблюдений 12...15 лет, то есть величин, полученных на первых двух этапах. Выполненные расчёты показали, что, как и ранее, функции λ_E и λ_C убывают с различной скоростью, а максимум целевой функции наблюдается при расстоянии между скважинами 4500 м. Это среднее значение для всего выбранного створа на отдельных участках может быть уменьшено (вблизи водоемов и водотоков).

Таким образом, получены эффективные значения параметров мониторинговой сети наблюдений за УГВ (частота наблюдений, достаточная продолжительность непрерывных наблюдений и расстояние между скважинами) в пределах природно-территориального комплекса «Беловежская пушча».

Для оценки зоны влияния мелиоративных систем, прилегающих к лесным массивам Национального парка, использовалась модифицированная методика, рекомендованная РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов». По результатам численного эксперимента с использованием данной методики построены графики относительного снижения УГВ ($\delta H = (\Delta H / H) \cdot 100\%$) на прилегающих к осушенным массивам территориях. На этой основе выделены два типа участков. К первому типу принадлежат два участка с относительным снижением УГВ более 30%: один простирается от канала Хвоянский ров в направлении Национального парка на расстоянии 950 м, другой – на расстоянии 980 м от проводящего канала гидромелиоративной системы «Дикий Никор». Для обоих случаев данный участок совпадает с прилегающими к водным объектам заболоченными территориями. Снижение УГВ до нормы осушения было собственно произведено в результате гидротехнических мелиораций. Второй участок с относительным снижением величины УГВ менее 30% занимает остальную часть прилегающей к мелиоративной системе территории. На данном участке глубина залегания УГВ слишком велика, чтобы внести значительный вклад в водное питание залесённых территорий. Граничное значение относительного снижения величины УГВ принято 30% на основе проведённого анализа, который показал, что УГВ на данных участках резко снижается.

При разработке долгосрочных прогнозных оценок изменения УГВ в работе был выбран метод «Гусеница»-SSA путём сопоставительного анализа точности существующих методов статистического прогнозирования. Этот метод показал лучшие результаты по сравнению с методом «АРСС+Монте-Карло» и методом прогноза на основе линейного тренда. Выполненные расчёты позволили получить прогнозные оценки УГВ на 2015 год для отдельных гидрогеологических скважин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Разработан способ, позволяющий выполнить приведение временных рядов УГВ к расчётным периодам. В основу данного способа положены дисперсионный и автокорреляционный анализы. В отличие от существующих алгоритмов и подходов к решению подобной задачи, предложенный алгоритм включает несколько блоков. Выбор того или иного блока для приведения временных рядов к расчётным периодам осуществляется на основе анализа достоверности однофакторной, многофакторной или авторегрессионной моделей. При этом данный способ одновременно использован как для среднегодовых УГВ, так и среднемесячных УГВ, что даёт возможность контроля полученных результатов. Одновременная работа с базами, имеющими различную дискретность, позволила повысить точность. Для проверки надёжности и точности разработанных подходов выполнена апробация на независимом материале, которая показала с доверительной вероятностью 0,95 устойчивость математического ожидания и дисперсии наблюдаемых и восстановленных значений. С использованием разработанного алгоритма выполнено приведение временных рядов наблюдений УГВ на гидрогеологических скважинах природно-территориального комплекса «Беловежская пуца» к расчётным периодам [3, 12, 20].

2. Разработанная методика для оценки трансформации гидрографической сети позволила определить смещение участка русла реки, а также оценить извилистость реки с учётом асимметрии формы водосбора. В основу данной методики положен анализ динамики правосторонних и левосторонних площадей водосбора реки за рассматриваемый период времени. В качестве количественных показателей предложены: показатель общего смещения русла, показатель направленного смещения русла и значение асимметрии водосбора. Для непосредственного применения в практике водохозяйственных и экологических исследований была создана ГИС гидрографической сети природно-территориального комплекса «Беловежская пуца», содержащая более 2,5 тысячи водных объектов. Применение разработанного метода позволило выполнить районирование природно-территориального комплекса «Беловежская пуца» по степени трансформации гидрографической сети. Выделены три группы водосборов для участков рек природно-территориального комплекса «Беловежская пуца»: I – сильно трансформированный; II – умеренно трансформированный; III – незначительно трансформированный. К первой группе отнесены водосборы участков рек Лесная Левая и Ясельда. Ко второй – р. Наревка и р. Россь, и к третьей – р. Зельвянка, р. Лесная Правая и р. Нарев. Предложенные подходы применимы для оценки изменений гидрографической сети как под влиянием природных, так и антропогенных факторов. Выполнен численный эксперимент по оценке изменения стока осушенных болот на примере болотного массива «Дикий Никор» [1, 4, 6, 22, 23].

3. С использованием существующих подходов, применяемых в гидравлике и гидрологии, разработан способ, позволяющий использовать материалы разовых гидрометрических наблюдений для оценки характеристик и параметров стока различной расчётной

обеспеченности. Эффективность предложенных расчётных подходов была проверена при обработке разовых измерений в створе, где не имелось многолетних наблюдений на р. Лесная. Получены значения средней глубины и средней скорости потока в рассматриваемом створе, соответствующие расходу расчётной обеспеченности. Эти данные могут применяться при решении различных народно-хозяйственных и экологических задач [7].

4. Даны эффективные значения параметров мониторинговой сети наблюдений УГВ. Эффективные (с точки зрения соотношения точности наблюдений и затрат на её достижение) значения составили: частота (дискретность) выполнения наблюдений – 12...18 суток, минимальная продолжительность непрерывных наблюдений – 14 лет, расстояние между скважинами – 4500 м [5, 24].

5. Используя данные многолетних инструментальных наблюдений УГВ, выявлены 5 периодов в изменении урванного режима под воздействием таких антропогенных факторов, как строительство осушительной и проводящей гидромелиоративной сети каналов. Проведенная оценка основных статистических характеристик временных рядов УГВ для двух периодов показала, что на большинстве гидрогеологических скважин дисперсия с уровнем достоверности 0,95 УГВ не изменилась. Это свидетельствует о том, что влияние локальных факторов на формирование режима УГВ не изменилось. При этом средние значения УГВ за данные периоды имеют статистически значимые изменения, что в итоге указывает на изменение глобальных факторов формирования баланса грунтовых вод. Исследование внутригодовой изменчивости УГВ показало увеличение УГВ в каждом месяце года для большинства скважин со скоростью 8...40 мм в год с постепенным уменьшением скорости роста.

Выполнена оценка состояния гидромелиоративной сети в пределах охранной зоны Национального парка. По результатам численного эксперимента построены графики относительного снижения УГВ на прилегающих к осушенным массивам территориях. На этой основе выделены два типа участков. К первому типу принадлежат два участка с относительным снижением УГВ более 30%: один простирается от канала Хвоянский ров в направлении Национального парка на расстоянии 950 м, другой – на расстоянии 980 м от проводящего канала гидромелиоративной системы «Дикий Никор». Второй участок с относительным снижением величины УГВ менее 30% занимает остальную часть прилегающей к мелиоративной системе территории. На данном участке глубина залегания УГВ слишком велика, чтобы внести значительный вклад в водное питание залесённых территорий. При разработке долгосрочных прогнозных оценок изменения УГВ в работе был выбран метод «Гусеница»-SSA путём сопоставительного анализа точности существующих методов статистического прогнозирования. Этот метод показал лучшие результаты по сравнению с методом «АРСС+Монте-Карло» и методом прогноза на основе линейного тренда. Выполненные расчёты позволили получить прогнозные оценки УГВ на 2015 год для отдельных гидрогеологических скважин [2, 8, 10–13, 16].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Результаты диссертационной работы вошли в раздел гидрология и гидрография констатирующей и директивной частей Плана управления Национальным парком «Беловежская пуца», а также в номинационное досье по расширению территории трансграничного (Беларусь/Польша) объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Беловежская пуца/Bialowieza Forest» (акт внедрения).

2. Разработанный способ приведения временных рядов наблюдений УГВ к репрезентативным периодам может быть использован на этапе предварительной обработки и подготовки баз данных наблюдений УГВ особо охраняемых природных территорий, а также других отдельных мониторинговых сетей.

3. Методика оценки трансформации гидрографической сети может быть использована при: разработке рекомендаций по сохранению ландшафтного разнообразия природных территорий; разработке проектов реконструкции и строительства гидротехнических объектов вблизи водотоков, подверженных изменению планового положения; разработке прогнозных оценок трансформации отдельных участков водотоков.

4. Разработанный способ учёта экспедиционных гидрометрических наблюдений может применяться для расчёта параметров и характеристик стока различной обеспеченности, необходимых, как при расчёте допустимого объёма сброса и концентрации сточных вод, так и при решении других инженерных задач водного хозяйства.

5. Полученные эффективные значения параметров мониторинговой сети наблюдений УГВ (частота наблюдений, достаточная продолжительность непрерывных наблюдений) могут использоваться при разработке планов управления Национальным парком «Беловежская пуца» в случае модернизации или устройства новых наблюдательных скважин.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных изданиях

1. Волчек, А.А. Геоинформационная система гидрографической сети водосбора р. Западный Буг / А.А. Волчек, В. Соболевски, Н.Н. Шешко // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2009. – № 2(56): Водохозяйственное строительство и теплотехника. – С. 2–8.

2. Wołczek, A.A. Stan systemów melioracyjnych strefy ochronnej Parku Narodowego Białowieska i ocena ich wpływu na warunki wodne terenów przyległych / A.A. Wołczek, N.N. Szeszko, W.I. Kamłacz // Gospodarka wodna. – 2009. – Nr. 7(727). – P. 282–286.

3. Волчек, А.А. Методика и алгоритм приведения временных рядов уровней грунтовых вод к расчетным (на примере природно-территориального комплекса «Беловежская пуца») / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2010. – № 2(62): Водохозяйственное строительство и теплотехника. – С. 2–7.

4. Волчек, А.А. Оценка изменения стока осушенных болот и заболоченных земель на примере осушенного массива в охранной зоне Национального парка «Беловежская пуца» / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Водное хозяйство России. – 2010. – № 4. – С. 74–85.

5. Логинов, В.Ф. Оптимизация системы наблюдений режима подземных вод природно-территориального комплекса «Беловежская пуца» / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Природопользование. – Минск, 2010. – № 18. – С. 31–35.

6. Волчек, А.А. Методика оценки трансформации гидрографической сети (на примере ООПТ «Беловежская пуца») / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2011. – № 2(63): Водохозяйственное строительство и теплотехника.

7. Волчек, А.А. Учет разовых гидрометрических измерений при определении основных гидрологических характеристик и параметров русла / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2011. – № 2(63): Водохозяйственное строительство и теплотехника.

Материалы конференций

8. Волчек, А.А. Статистический анализ колебаний уровней грунтовых вод НП «Беловежская пуца» / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Теория вероятностей, случайные процессы, математическая статистика и приложения : сборник научных статей Междунар. научн. конф., Минск, 15–19 сент. 2008 г. / БГУ ; редкол.: Н.Н. Труш [и др.]. – Минск, 2008. – С. 32–39.

9. Волчек, А.А. Оценка риска и неопределенностей в функционировании луговых систем / А.А. Волчек, П.В. Шведовский, Н.Н. Шешко, Н.Н. Шпендик // Пойменные луговые системы как объект с высоким фиторазнообразием, их изучение и картирование : материалы Междунар. научно-практического семинара, Гомель, 11–12 июня 2009 г. / ГГУ им. Ф.Скорины ; редкол.: Л.М. Сапегин [и др.]. – Гомель, 2009. – С. 199–205.

10. Волчек, А.А. Современное состояние мелиоративных систем охранной зоны Национального парка «Беловежская пуца» и оценка их влияния на водный режим прилегающих территорий / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Географические проблемы устойчивого развития: теория и практика : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института географии АО ЦНЗМО Респ. Казахстан, Алматы, Казахстан, 27–29 авг. 2008 г. / Институт географии АО ЦНЗМО РК ; под общ. ред. А.Р. Медеу. – Алматы, 2008. – С. 203–213.

11. Волчек, А.А. Колебания уровня режима грунтовых вод природно-территориального комплекса «Беловежская пуца» / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Беловежская пуца. Исследования: сборник научных трудов / ГПУ «Национальный парк «Беловежская пуца» ; редкол.: Н.Н. Бамбиза [и др.]. – Брест, 2009. – С. 7–27.

12. Волчек, А.А. Алгоритм восстановления временных рядов уровней грунтовых вод и анализ устойчивости их тенденций (на примере НП «Беловежская пуца») / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Теория вероятностей, математическая статистика и их

приложения : сборник научных статей Междунар. научн. конф., Минск, 22–25 февр. 2010 г. / РИВШ ; редкол.: Н.Н. Труш [и др.]. – Минск, 2010. – С. 40–48.

Тезисы докладов

13. Волчек, А.А. Динамика уровней грунтовых вод НП «Беловежская пуца» / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: тэзісы дакл. IV Міжнар. навук. канф., Брэст, 10–12 чэрв. 2008 г. / Полесский аграрно-экологический институт НАН РБ ; редкол.: М.В. Михальчук [и др.]. – Брэст: Академия, 2008. – С. 215.

14. Sheshko, N. The influence of drainage systems of a nature protection zone of national fleet “Belovezhskaya pushcha” on wood phytocenosis’s moisture / N. Sheshko // Book of abstracts: 6th International Workshop for Young Scientists BioPhys Spring 2007, Lublin, Poland, 17–19 May 2007 year. / Institute of Agrophysics Polish Academy of Sciences, Czech University of Agriculture in Prague ; edited by: J. Horabik, A. Zdunek. – Lublin, 2007. – P. 158.

15. Волчек, А.А. Опыт использования стандартного программного обеспечения для решения экологических задач / А.А. Волчек, Н.Н. Шпендик, Н.Н. Шешко // Сахаровские чтения 2009 года: экологические проблемы XXI века: материалы 9-й междунар. науч. конф., Минск, 21–22 мая 2009 г. / МГЭУ им. Сахарова ; под ред. С.П. Кундаса, С.Б. Мельнова, С.С. Позняка. – Минск, 2009. – С. 242–243.

16. Волчек, А.А. К вопросу прогнозирования колебаний уровней грунтовых вод природно-территориального комплекса «Беловежская пуца» и их прогноз / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Мелиорация и водное хозяйство XXI века. Наука и образование: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию мелиоративно-строительного факультета, Горки, 4–6 июня 2009 г. / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия ; отв. редактор В.И. Желязко [и др.]. – Горки, 2009. – С. 230–233.

17. Volchak, A.A. Changes of elements of water balance and their forecast against global climate fluctuation / A.A. Volchak, N.N. Sheshko // International Conference on Climate Change: The environmental and socio-economic response in the southern Baltic region, Szczecin, Poland, 25–28 May 2009 year. / University of Szczecin ; edited by: A. Witkowski, J. Harff, Hans-Jörg Isemer. – Szczecin, 2009. – P. 50–51.

18. Волчек, А.А. К вопросу правового обеспечения реконструкции мелиоративных систем в режимных зонах ООПТ / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Повышение эффективности мелиорации и сельскохозяйственного использования мелиорированных земель: тезисы докладов международной научно-практической конференции, Минск, 15–16 сентября 2009 г. / РУП «Институт мелиорации» ; ред. кол. Н.К. Вахонин, А.П. Лихацевич [и др.]. – Минск, 2009. – С. 41–42.

19. Волчек, А.А. К вопросу о создании искусственных водоемов на особо охраняемых территориях / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко, М.Ф. Мороз // Теоретические и прикладные аспекты современной лимнологии: материалы V Международной научной

конференции, Минск, 10–13 ноября 2009 г. / Белорусский государственный университет ; ред. кол. И.И. Пирожник (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2009. – С 79–80.

20. Шешко, Н.Н. Алгоритм восстановления временных рядов уровней грунтовых вод / Н.Н. Шешко // Современные проблемы математики и вычислительной техники: материалы VI Республиканской научной конференции молодых ученых и студентов, Брест, 26–28 ноября 2009 г. / Брестский государственный технический университет ; ред. кол. В.С. Рубанов (главный ред.) [и др.]. – Брест, 2009. – Ч. 1. – С. 110–113.

21. Волчек, А.А. Методика оценки трансформации гидрографической сети на примере природно-территориального комплекса Беловежская пуца / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Проблемы водоснабжения, водоотведения и энергосбережения в западном регионе Республики Беларусь, Брест, 22–23 апреля 2010 г. / Брестский государственный технический университет ; ред. кол. С.В. Басов [и др.]. – Брест, 2010. – С. 50–55.

22. Волчек, А.А. Оценка изменения стока с осушенных болотных и заболоченных земель на примере осушенного массива в охранной зоне НП «Беловежская пуца» / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: тэзісы дакл. V Міжнар. навук. канф., Брэст, 8–10 вер. 2010 г. / Полесский аграрно-экологический институт НАН РБ ; рэдкал.: М.В. Міхальчук [і інш.]. – Брэст: Акадэмія, 2010. – С. 63.

23. Волчек, А.А. Методика оценки трансформации гидрографической сети / А.А. Волчек, Н.Н. Шешко // Инновационные технологии в мелиорации и сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель: тезисы докладов международной научно-практической конференции, Минск, 15–17 сентября 2010 г. / РУП «Институт мелиорации» ; ред. кол. Н.К. Вахонин, А.П. Лихацевич [и др.]. – Минск, 2010. – С. 69–71.

РЕЗЮМЕ

Шешко Николай Николаевич

Оценка и прогноз гидрологических и гидрогеологических характеристик территории Национального парка «Беловежская пуща»

Ключевые слова: климат, речной сток, трансформация гидрографической сети, уровень грунтовых вод, Национальный парк, русло реки, временной ряд, коэффициент корреляции, прогнозирование, Монте-Карло.

Цель работы – основная цель заключается в выявлении закономерностей формирования и разработке прогноза водного режима для сохранений биоразнообразия и природных ландшафтов территории Национального парка «Беловежская пуща» в условиях изменяющегося климата и усиливающихся антропогенных воздействий с использованием адаптированных и разработанных методов оценки колебаний гидрологических и гидрогеологических характеристик.

Полученные результаты и их новизна. Разработан способ, позволяющий выполнить приведение временных рядов уровней грунтовых вод (УГВ) к расчетным периодам. На основе анализа существующих подходов к количественной оценке трансформации гидрографической сети выявлена недостаточная их информативность, и, как следствие, невозможность разработки прогноза трансформации. Разработана методика для оценки трансформации гидрографической сети, позволяющая определить смещение участка русла реки основного тальвега в течение рассматриваемого периода. На её основе выполнено зонирование природно-территориального комплекса «Беловежская пуща». С использованием существующих подходов, применяемых в гидравлике и гидрологии, разработан способ, позволяющий использовать материалы разовых гидрометрических наблюдений для оценки характеристик и параметров стока различной расчетной обеспеченности. Эффективность предложенных расчетных подходов была проверена при обработке разовых измерений на р. Лесная в створе, не имеющем многолетних наблюдений. Оценены эффективные значения параметров мониторинговой сети наблюдений УГВ. Используя данные многолетних инструментальных наблюдений УГВ, выявлены отдельные периоды в изменении уровня режима. С использованием метода «Гусеница»-SSA выполнен прогноз значений УГВ по отдельным скважинам.

Область применения – система водопользования, управление особо охраняемыми территориями, мониторинг окружающей среды, строительство и эксплуатация мелиоративных систем.

РЭЗІЮМЭ

Шэшка Мікалай Мікалаевіч

Ацэнка і прагноз гідралагічных і гідрагеалагічных характарыстык тэрыторыі Нацыянальнага парку "Белавежская пушча"

Ключавыя словы: клімат, рачны сцёк, трансфармацыі гідраграфічнай сеткі, узровень грунтавых вод, Нацыянальны парк, рэчышча ракі, часавы шэраг, каэфіцыент карэляцыі, прагназаванне, Монтэ-Карла.

Мэта працы – асноўная мэта заключаецца ў выяўленні заканамернасцяў фармавання і распрацоўцы прагнозу воднага рэжыму для захавання біяразнастайнасці і прыродных ландшафтаў тэрыторыі Нацыянальнага парку «Белавежская пушча» ва ўмовах зменлівага клімату і ўзмацненні антрапагенных уздзеянняў з выкарыстаннем адаптаваных і распрацаваных метадаў ацэнкі ваганняў гідралагічных і гідрагеалагічных характарыстык.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Распрацаваны спосаб, які дазваляе выканаць прывядзенне часавых шэрагаў узроўняў грунтавых вод (УГВ) да разліковых перыядаў. На аснове аналізу існых падыходаў да колькаснай ацэнкі трансфармацыі гідраграфічнай сеткі выяўлена недастатковая іх інфарматыўнасць, і, як вынік, немагчымасць распрацоўкі прагноза трансфармацыі. Распрацавана метадыка для ацэнкі трансфармацыі гідраграфічнай сеткі, якая дазваляе вызначыць зрушэнне ўчастку рэчышча ракі асноўнага тальвега на працягу разглядаемага перыяду. На яе аснове выканана занавае прыродна-тэрытарыяльнага комплексу "Белавежская пушча". З выкарыстаннем існых падыходаў, якія ўжываюцца ў гідраўліцы і гідралогіі, распрацаваны спосаб, што дазваляе выкарыстоўваць матэрыялы разавых гідраметрычных назіранняў для ацэнкі характарыстак і параметраў сцёку рознай разліковай забяспечанасці. Эфектыўнасць прапанаваных разліковых падыходаў была правярана пры апрацоўцы разавых вымярэнняў на р. Лясная ў створы, для якога адсутнічаюць шматгадовыя назіранні. Ацэнены аптымальныя значэнні параметраў маніторынгавай сеткі назіранняў УГВ. Выкарыстоўваючы даныя шматгадовых інструментальных назіранняў УГВ, выяўлены асобныя перыяды ў змене ўзроўневага рэжыму. З выкарыстаннем метаду "Гусеніца"-SSA выкананы прагноз значэнняў УГВ па асобных свідравінах.

Вобласць ужывання – сістэма водакарыстання, кіраванне асоба ахоўваемымі тэрыторыямі, маніторынг навакольнага асяроддзя, будаўніцтва і эксплуатацыя меліярацыйных сістэм.

SUMMARY

Sheshka Mikalai

Assessment and prediction of hydrological and hydrogeological characteristics of the National Park "Belavezhskaya Pushcha"

Keywords: climate, river flow, drainage network transformation, groundwater level, National Park, stream canal, time series, coefficient of correlation, prediction, Monte Carlo.

Objective – the main objective is to identify the patterns of formation and development of the forecast of the water regime for biodiversity and natural landscapes in the National Park "Belovezhskaya Pushcha" in a changing climate and growing human impacts using adapted and developed methods to assess fluctuations of hydrological and hydrogeological characteristics.

The main results and its novelty. A method that makes it possible to prolong a time series of groundwater levels (GWL) to the design period was developed. Based on the analysis of existing approaches to quantifying the drainage network transformation, the lack of self-descriptiveness of these approaches was detected. As a result, existing approaches do not make it possible to predict the drainage network transformation. A new technique for estimating the transformation of drainage network was developed. It allows identifying the displacement of a reach of the stream canal in the main thalweg during the period being considered. Based on this technique, the zoning of the Natural Territorial Complex "Belavezhskaya Pushcha" was carried out. Applying the existing approaches used in hydraulics and hydrology, a method of assessing of the characteristics and parameters of the flows with different flow probability was developed. In contrast to known methods, this one takes into account the results of single hydrometric observations. The efficiency of the proposed approaches and methods was verified by processing of single measurements at the station of river "Liasnaya" for which there are no long-term observations. The optimal values of the parameters of the monitoring network of GWL observations were estimated. Using the long-term data of instrumental observations of GWL, the separate periods in variation of level mode were identified. The method «Gusenitsa»-SSA was applied for predicting the values of GWL at individual wells.

Scope of use – the system of water use, conservation areas management, environmental monitoring, construction and maintenance of drainage systems.

Репозиторий БНТУ

Научное издание

Шешко Николай Николаевич

**ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРРИТОРИИ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»**

Автореферат диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности
05.23.16 – «Гидравлика и инженерная гидрология»

Подписано к печати 08.04.2013 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Снегурочка».
Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 1.4. Уч.-изд. л. 1.5. Тираж 100. Заказ № 364.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.
Лицензия №02330/0549435 от 08.04.2009.