

На правах рукописи

ЕЛИЗАРЬЕВ Алексей Николаевич

**ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
НА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ  
(НА ПРИМЕРЕ Р.БЕЛОЙ)**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Санкт-Петербург  
2007

Работа выполнена на кафедре «Безопасность производства и промышленная экология» ГОУ ВПО Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ)

**Научный руководитель** доктор технических наук, профессор  
Красногорская Наталия Николаевна

**Официальные оппоненты** доктор географических наук  
Георгиевский Владимир Юрьевич  
кандидат географических наук, доцент  
Орлов Вадим Георгиевич

**Ведущая организация** ФГОУ ВПО Башкирский государственный аграрный университет

Защита диссертации состоится «24» мая 2007г. в 17 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 212.197.03 в Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, Санкт-Петербург, пр.Металлистов, д.3., аудитория 406<sup>Б</sup>.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2007г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор технических наук, профессор



Бескид П.П.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Одним из приоритетных направлений рационального использования водных ресурсов является совершенствование действующих и развитие новых принципов и методов оценки состояния водных объектов и экологического нормирования всех видов антропогенных воздействий с целью сохранения продуктивной природной среды (Шикломанов И.А., 1989; Гареев А.М., 2000; Георгиевский В.Ю., 2002; и др.).

Естественный количественный состав и структура речных экосистем взаимосвязаны с естественной межгодовой и внутригодовой гидрологической изменчивостью, поскольку формируют основные экологические условия как для флоры, так и для фауны. Режим речного стока поддерживает экологическую целостность речных экосистем, а также косвенно определяет качество воды. Антропогенная деятельность на водосборной площади, в т.ч. регулирование речного стока, приводит к количественному истощению водных ресурсов, экологической деградации речной экосистемы и потере биологического разнообразия (Poff et al., 1997; Барышников Н.Б., 1999; Acreman, 2003; и др.).

Количественное истощение водных ресурсов наносит природным и хозяйственным комплексам большой экологический и экономический ущерб, нарушает устойчивость речных экосистем, затрудняет водопользование и ухудшает условия жизнедеятельности человека. В связи с этим изучение влияния урбанизации и хозяйственной деятельности человека на гидроэкологический режим водных объектов (на примере р.Белой) является весьма актуальным.

Река Белая - типичный пример водного объекта, подвергающегося интенсивному антропогенному воздействию. Она является питьевым водоисточником и основной водной артерией крупного промышленного региона – Башкортостана, и в то же время относится к типу водных объектов, испытывающих мощный «антропогенный пресс». Поэтому знание закономерностей изменения гидроэкологического режима р.Белой под влиянием антропогенных факторов является практически значимым.

Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры «Безопасность производства и промышленная экология» Уфимского государственного авиационного технического университета и Федеральной целевой программы «Интеграция науки и высшего образования России на 2002-2004 годы» (контракт №И 0439/678) и поддержана Грантом

Федерального Агентства по образованию для поддержки научно-исследовательской работы аспирантов А04-2.13-813 в 2004 году.

**Цель работы** – комплексная оценка изменения гидроэкологического режима р.Белой в результате антропогенного воздействия на водосборе с учетом гидрологических особенностей водотока (межгодовых и межсезонных изменений водности).

**Задачи исследования:**

- анализ антропогенной нагрузки в бассейне р.Белой, оказывающей основное влияние на гидроэкологический режим водотока;
- оценка антропогенной трансформации гидроэкологического режима р.Белой (режима стока, уровня режима и изменения поперечного профиля русла);
- оценка экологически допустимых объемов безвозвратного изъятия водных ресурсов из рек бассейна р.Белой для рационального водопользования с целью сохранения экологической целостности речных экосистем и ресурсосбережения;
- исследование особенностей прохождения половодья на р.Белой при современном уровне антропогенной нагрузки для оценки деградации экосистемы поймы под влиянием антропогенных факторов;
- разработка рекомендаций по рациональному использованию и охране водных ресурсов бассейна р.Белой с целью нормирования хозяйственной деятельности на водосборе и уменьшения ее негативного воздействия на речную экосистему.

**Научная новизна:**

- для оценки изменения гидроэкологического режима реки под влиянием урбанизации и хозяйственной деятельности человека предложено и обосновано использовать критерии: экологический сток и гидроэкологические характеристики половодного стока (продолжительность и средняя глубина затопления поймы);
- разработана вероятностная модель для определения экологически допустимых объемов безвозвратного изъятия водных ресурсов в бассейне р.Белой;
- выявлены закономерности изменения основных характеристик половодья на р.Белой за многолетний период (1878-2000гг.) и изменения характера затопления поймы под воздействием антропогенной нагрузки;
- развиты научные основы рационального использования и охраны водных ресурсов: методика квотирования водопотребления в бассейне р.Белой

и алгоритм оценки экологического риска деградации речных экосистем при водопользовании.

**Практическая значимость.** Разработанная вероятностная модель и полученные зависимости позволяют:

- оценить происходящие в результате антропогенной нагрузки изменения гидроэкологического режима водотоков;
- рассчитать среднемесячные и среднегодовые объемы водных ресурсов, доступные для водопотребления без нарушения устойчивости речных экосистем в различные по водности годы;
- оценить величины гидрологических и гидроэкологических характеристик половодного стока р.Белой с учетом антропогенной нагрузки.

Для совершенствования системы нормирования в природопользовании (водопотреблении) построена карта экологического и свободного стока рек бассейна р.Белой.

Результаты работы переданы в Управление федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора) по Республике Башкортостан.

Методы исследования и результаты, полученные в диссертационной работе, внедрены в учебный процесс УГАТУ и используются при подготовке бакалавров по направлению 280200 «Защита окружающей среды» и специалистов по специальности 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере».

**На защиту выносятся:**

- результаты установленных за многолетний период (1878-2000гг.) закономерностей изменения половодного стока р.Белой, формирующего основные экологические условия для флоры и фауны пойменной экосистемы, и полученные зависимости гидроэкологических характеристик половодного стока р.Белой в створе г.Уфы от максимального уровня воды;
- результаты оценки значений экологического стока рек бассейна р.Белой при современном уровне антропогенной нагрузки и зависимости экологического и свободного стока неизученных рек бассейна от водосборной площади;
- методика квотирования водопотребления крупного промышленного центра в бассейне р.Белой, основанная на определении экологического риска деградации речных экосистем при водопользовании.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных конференциях, симпозиумах и семинарах в городах Москве (2001, 2006), Новосибирске (2002), Уфе (2001, 2004, 2006), Туапсе (2002), Вологде (2003), Екатеринбурге (2005), Моршанске

(2004), Пензе (2004), Томске (2005), Комсомольск-на-Амуре (2006), а также в г.Боургас (Болгария, 2003), в г.Гераклион (Греция, 2004).

**Публикации.** Основные положения диссертации опубликованы в 38 научных печатных работах, в том числе в журнале «Безопасность жизнедеятельности», рекомендованный ВАК.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 183 страницах машинописного текста, иллюстрирована 50 рисунками и 25 таблицами. Список литературы включает 142 наименования.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**В первой главе** выполнен анализ работ в области оценки и нормирования антропогенного воздействия на гидроэкологический режим водотоков. Выявлено, что при установлении нормативов предельно допустимого изъятия речного стока нет единого подхода, и ключевой является задача определения величины "критического" стока воды, не обеспечение которого негативно сказывается на речной экосистеме, т.е. вызывает ее деградацию. На данный момент степень предельно допустимого истощения водных ресурсов (ПДИ) экологически не обоснована и не имеет официальных нормативов.

В качестве экологического критерия, регламентирующего безвозвратное изъятие водных ресурсов из водотоков, целесообразно использовать значение экологического стока. Под экологическим стоком понимается режим речного стока, необходимый для поддержания экологической целостности речных экосистем (Фащевский Б.В., 1993; Дубинина В.Г., 2002; Маркин В.Н., 2003; Dyson *et al.*, 2003; Владимиров А.М., Орлов В.Г., 2005; Данилов-Данильян В.И., 2006; и др.).

**Во второй главе** дана характеристика объекта исследования, исходных данных и используемых в работе методов.

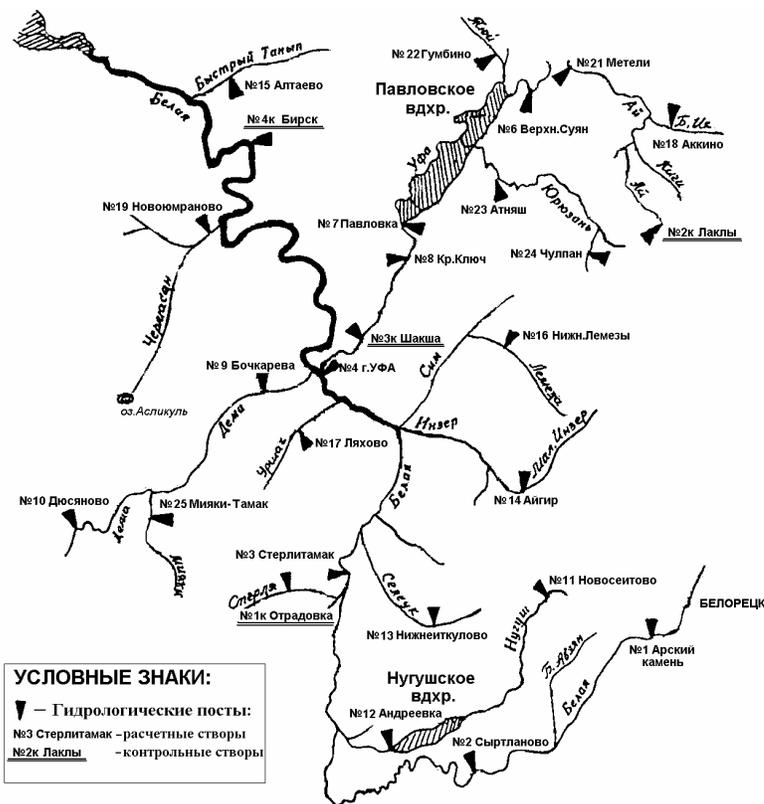
Объектом исследования является приток II порядка р.Волги - река Белая.

В качестве исходных данных использовались результаты наблюдений за количественными характеристиками водотоков бассейна р.Белой Башкирского территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Баш. УГМС) - среднемесячные и среднегодовые величины расходов, уровней воды и др. Выбор гидрологических постов (**29 створов**) обусловлен несколькими причинами: во-первых, стремлением охватить всю

территорию водосборного бассейна как с интенсивной антропогенной

нагрузкой, так и с нагрузкой меньшей интенсивности; во-вторых, необходимостью длительного периода наблюдений. Схема расположения гидрологических постов приведена на рис.1.

Обработано свыше **50000 значений** ежемесячных и ежегодных гидрологических характеристик водотоков за период **1878-2000гг.** Оценка изменения условий прохождения половодья под влиянием антропогенного фактора проводилась по **11 характеристикам** половодного стока.



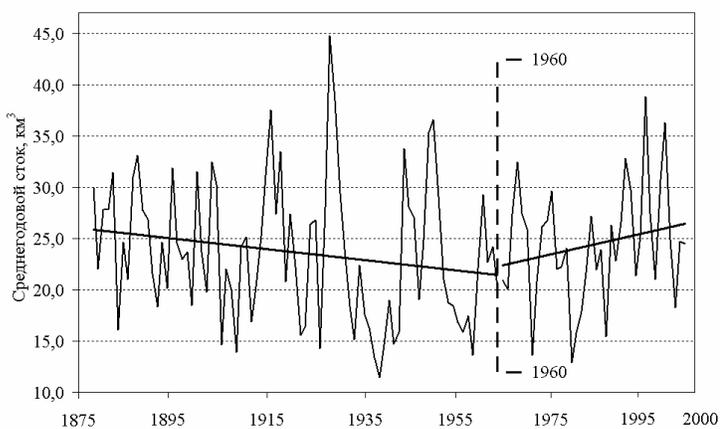
**Рис. 1.** Схема расположения гидрологических постов в бассейне р.Белой (Баш. УГМС)

При оценке изменения поперечного профиля русла р.Белой в результате антропогенной деятельности использовались данные Государственного комитета Республики Башкортостан по геологии и пользованию недрами.

В работе использован вероятностно-статистический метод (Лебедев В.В., 1955; Рождественский А.В., Чеботарев А.И., 1974; Шелутко В.А., 1984), а также различные методики для определения величины экологического стока (Фашевский Б.В., 1989; Маркин В.Н., 2003; Орлов В.Г., 2005).

**Третья глава** посвящена анализу влияния урбанизации и хозяйственной деятельности человека на водосборе (создание Павловского и Нугушского водохранилищ на крупных притоках) на изменение гидроэкологического режима р.Белой.

Для исследования межгодовых изменений в режиме стока р.Белой строились хронологические графики изменения среднегодовых расходов воды для 25 створов за весь рассматриваемый период инструментального мониторинга (1878-2000гг.). В качестве примера на рисунке 2 приведены изменения значений среднегодового стока р.Белой в створе г.Уфы.



**Рис. 2. Изменение среднегодовых значений стока р.Белой в створе г.Уфы за период 1878-2000гг.**

Из рисунка 2 видно, что до 1960г. общий годовой сток р.Белой проявляет тенденцию постепенного уменьшения, после которого можно наблюдать тенденцию увеличения. Расчеты показали, что среднегодовой сток р.Белой в створе г.Уфы за весь исследуемый период составляет  $23,9\text{км}^3$  (в период 1878-1960гг. -  $23,6\text{км}^3$  , в период 1961-2000гг. -  $24,4\text{км}^3$ ).

В исследуемом периоде выделены два этапа антропогенного воздействия на р.Белую, отличающиеся различной интенсивностью и характеризующие изменение режима речного стока в результате гидротехнического строительства:

- 1878-1960гг. - период от начала гидрометрических наблюдений до ввода в эксплуатацию Павловского водохранилища назван условно-естественным периодом;
- 1961-2000гг. – период функционирования гидроузла назван периодом измененного речного стока.

Для оценки произошедших количественных изменений речного стока и их влияния на устойчивость речной экосистемы в качестве экологического критерия, учитывающего взаимосвязь элементов гидрологического режима и биоценозов поймы русла, использован экологический сток.

### **Расчет экологического стока рек бассейна р.Белой**

Для расчета среднегодовых значений экологического стока рек бассейна р.Белой в 25 створах построены эмпирические кривые обеспеченности ежегодных значений расходов воды за условно-естественный период 1878-1960гг., на основании которых также построены кривые обеспеченности экологического стока. Результаты расчета среднегодовых значений экологического стока рек бассейна р.Белой приведены в таблице 1.

Таблица 1

Среднегодовые значения экологического стока рек бассейна р.Белой, м<sup>3</sup>/с

№ пп	Гидрологический пост	Обеспеченность, %							
		25 многоводный		50 средний по водности		75 маловодный		95 очень маловодный	
		Э*	Е**	Э	Е	Э	Е	Э	Е
1.	<b>р. Белая</b> – Арский камень	11,5	16,5	8,7	11,5	7	8,7	5,5	6,2
2.	<b>р. Белая</b> – д. Сыртланово	56	74	42,5	56	34	42,5	26	30
3.	<b>р. Белая</b> – г. Стерлитамак	105	146	77	105	56	77	39	49
4.	<b>р. Белая</b> – г. Уфа	720	870	570	720	445	570	367	420
5.	р. Уфа – г. Красноуфимск	88	104	72	88	58	72	44	52
6.	р. Уфа – с. Верхний Суян	190	221	162	190	136	162	108	123
7.	р. Уфа – д. Павловка	302	344	256	302	226	256	108	118
8.	р. Уфа – пгт Кр.Ключ	292	368	250	292	221	250	210	220
9.	р. Дема – д. Бочкарева	37	53,5	26	37	22	26	20	22
10.	р. Дема – д. Дюсяново	16	20,5	12	16	9,3	12	7,5	8,5
11.	р. Нугуш – с. Новосеитово	3,58	4,6	2,6	3,58	1,78	2,6	0,5	1,25
12.	р. Нугуш – х. Андреевский	28,5	38	20,8	28,5	15	20,8	7,5	11,9
13.	р. Селеук – д. Нижнеиткулово	1,2	1,7	0,75	1,2	0,39	0,75	0,05	0,23
14.	р. Мал.Инзер – ж/д.ст. Айгир	10,7	13,5	8,7	10,7	6,8	8,7	5,6	6,6
15.	р. Быстр.Таныш – д. Алтаево	29	34	24	29	20	24	17,8	18
16.	р. Лемеза – с. Нижн.Лемезы	25,9	31,7	20,9	25,9	17	20,9	14,9	15,8
17.	р. Уршак – с. Ляхово	7,75	9,8	6,0	7,75	4,8	6,0	4,25	4,5
18.	р. Б. Ик – д. Аккино	6,9	8,5	5,4	6,9	4,45	5,4	3,9	4,2
19.	р. Чермасан – д. Новоюмраново	7,5	9,7	5,6	7,5	4,5	5,6	3,6	4,1
20.	р. Ай – г. Златоуст	7,5	10,3	5,7	7,5	4,9	5,7	3	3,5
21.	р. Ай – с. Метели	78	94	62	78	51	62	40	45
22.	р. Тюй – д. Гумбино	17	19,5	14	17	11,5	14	9,5	11,3
23.	р. Юрюзань – пос. Атняш	54	67	43	54	33	43	23,5	30
24.	р. Юрюзань – д. Чулпан	42	48	36	42	32	36	30	31,7
25.	р. Мияки – п. Мияки-Тамак	1,6	2,3	1,05	1,6	0,8	1,05	0,5	0,65

\* - экологический сток;

\*\* - сток условно-естественного периода.

Разница между естественным и экологическим стоком принята как свободный сток, который определяет возможности рационального использования водных ресурсов без нарушения устойчивости речной экосистемы. При расчете значений свободного стока определены соотношения экологического и свободного стока при регулировании водности р.Уфы и р.Нугуш водохранилищами, а также количество водных ресурсов, экологически допустимых к изъятию крупными промышленными центрами на р.Белой (гг.Стерлитамак, Уфа). Графическая интерпретация результатов расчетов приведена на рисунке 3.

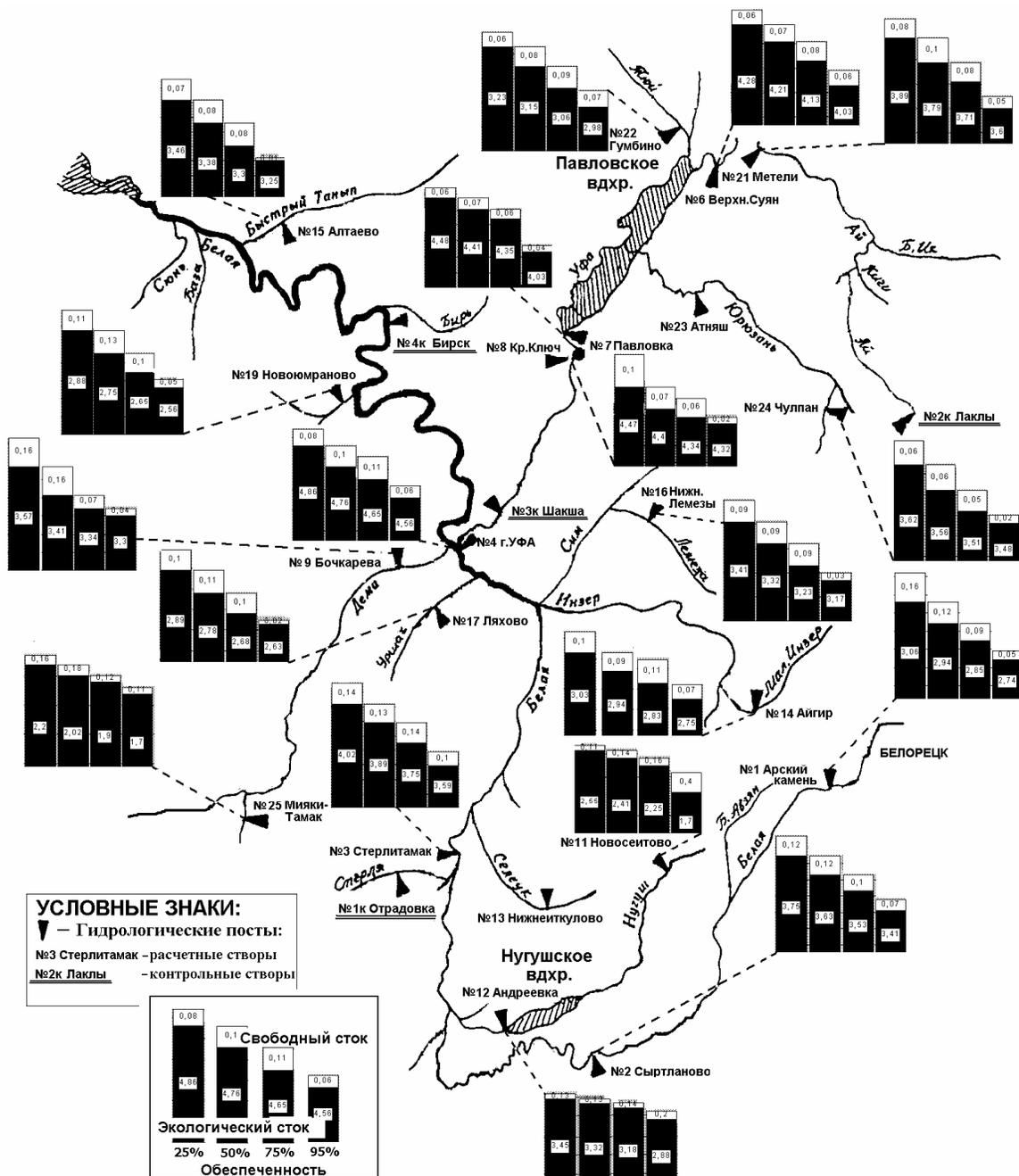


Рис. 3. Карта экологического и свободного стока рек бассейна р.Белой (размерность  $lg(100-Q), м^3/с$ )

Полученная карта экологического и свободного стока рек бассейна р.Белой позволяет в зависимости от водности года оперативно определять среднегодовые значения экологического и свободного стока в створе, что практически значимо при принятии решений и эффективном планировании водохозяйственных мероприятий в бассейне р.Белой с учетом природоохранных требований к рациональному использованию водных ресурсов.

В связи с тем, что величина экологического стока в течение года не является постоянной, проведен расчет среднемесячных значений экологического стока р.Белой аналогично расчету среднегодовых значений. Для примера, результаты расчета для створа р.Белой в районе г.Уфы приведены в таблице 2.

Таблица 2

Среднемесячные значения экологического стока р.Белой в створе г.Уфы, м<sup>3</sup>/с

Месяц	Обеспеченность							
	25% (многоводный)		50% (средний по водности)		75% (маловодный)		95% (очень маловодный)	
	Экол. сток	Естест. сток	Экол. сток	Естест. сток	Экол. сток	Естест. сток	Экол. сток	Естест. сток
Январь	192	276	147	213	115	163	88	111
Февраль	158	223	126	175	106	140	86	107
Март	160	216	130	177	108	144	84	108
Апрель	1 400	2 400	835	1 550	506	925	154	400
Май	2 370	3 800	1 648	2 625	1 174	1 825	858	1 100
Июнь	700	1 000	519	775	395	575	312	388
Июль	415	655	316	460	248	350	190	245
Август	289	480	226	320	190	250	140	180
Сентябрь	289	480	212	320	176	235	126	180
Октябрь	339	650	235	375	190	260	135	190
Ноябрь	297	465	200	329	143	222	108	140
Декабрь	231	352	159	256	117	176	90	117

Из таблицы 2 видно, что максимальное значение свободного для водопотребления стока наблюдается в период половодья.

Для установления взаимосвязи между расходами воды экологического и естественного стока проводился корреляционный анализ полученных значений

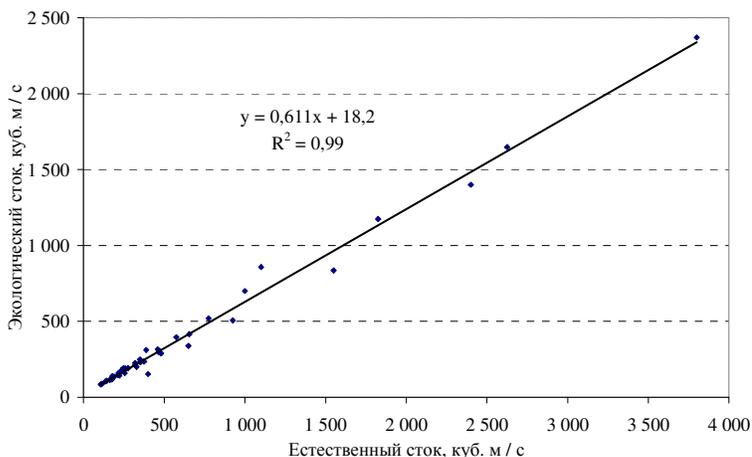


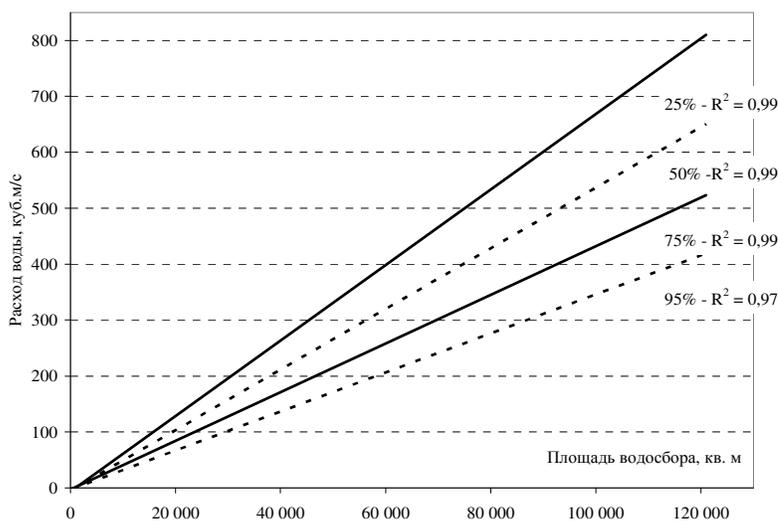
Рис. 4. Зависимость между естественным и экологическим стоком р.Белой в створе г.Уфы

экологического стока для 25 створов рек бассейна р.Белой. В результате установлены зависимости, которые аппроксимируются уравнениями вида  $y=k \cdot x+b$  с высокой достоверностью аппроксимации ( $R^2=0,97 \div 0,99$ ). Для примера на рисунке 4 представлена зависимость экологического стока р.Белой от естественного в створе г.Уфы.

Полученные зависимости позволяют по значениям внутригодового распределения естественного стока р.Белой (доступного из данных Государственного водного кадастра) без трудоемких вычислений определять значения внутригодового распределения экологического и свободного стока.

С помощью полученных зависимостей проводился корреляционно-регрессионный анализ рассчитанных значений расходов воды экологического стока рек бассейна р.Белой с целью оценки взаимосвязи между экологическим стоком и различными характеристиками водотоков и их водосборов, такими как площадь водосбора, средняя высота водосбора, озерность, заболоченность, лесистость, распаханность, средний уклон реки.

Анализ рассчитанных коэффициентов аппроксимации показал, что отчетливая связь экологического стока с такими параметрами водотока как озерность, заболоченность, лесистость, распаханность, средний уклон реки и средняя высота водосбора не прослеживается ( $R^2$  менее  $0,16 \div 0,55$ ). Однако корреляционный анализ показал взаимосвязь экологического и свободного стока с площадью водосбора: установлены зависимости между экологическим стоком и площадью водосбора (диапазон рассматриваемых площадей



**Рис. 5. Зависимость среднегодовых значений расходов воды экологического стока рек бассейна р.Белой от площади водосбора для различных по водности лет (обеспеченность, %)**

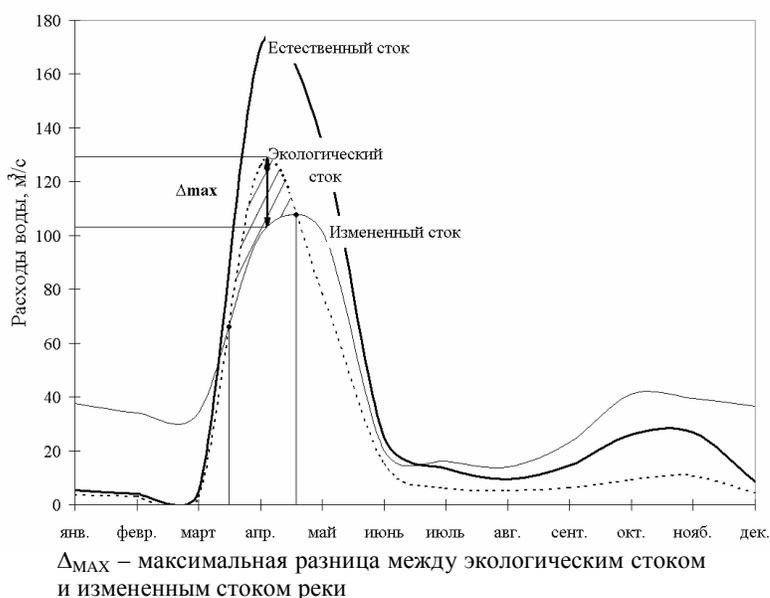
водосбора от 141 до 100 000 км<sup>2</sup>). Все полученные зависимости аппроксимируются уравнениями вида  $y=k \cdot x+b$  с высокой достоверностью аппроксимации ( $R^2=0,97 \div 0,99$ ). Графическая интерпретация полученных зависимостей для различных по водности лет представлена на рисунке 5.

Полученные зависимости позволяют, определив по топографической карте площадь водосбора реки, оперативно и с достаточной достоверностью рассчитать среднегодовые значения экологического стока, что практически значимо при недостатке гидрометеорологической информации, характерном для неизученных или малоизученных рек.

## Гидроэкологические изменения в нижних бьефах гидроузлов

**Внутригодовой сток.** На основе полученных значений экологического стока для бассейна р.Белой проведен анализ изменения режима речного стока в нижних бьефах гидроузлов. Для условно-естественного и измененного периода построены кривые обеспеченности ежемесячных значений расходов воды в нижних бьефах гидроузлов, и проведен расчет параметров (среднего многолетнего значения, коэффициентов вариации ( $C_V$ ) и асимметрии ( $C_S$ )), по которым рассчитаны среднемесячные значения стока в диапазоне варьирования 25-95 % обеспеченности (многоводный - очень маловодный год).

На основе результатов расчетов построены гидрографы внутригодового распределения речного стока (естественного, экологического и измененного) для створов нижних бьефов гидроузлов. Для примера, результаты графического анализа для створа нижнего бьефа Нугушского водохранилища представлены на рисунке 6.



**Рис.6. Внутригодовое распределение стока р.Нугуш в нижнем бьефе Нугушского водохранилища (р.Нугуш-д.Андреевка) для многоводного года (25% обеспеченности)**

Однако измененный таким образом сток реки не всегда обеспечивает значения экологически необходимых расходов воды. Так, Нугушский гидроузел не обеспечивает экологический сток в нижнем бьефе даже в многоводные годы, когда объемы свободного стока максимальны. В маловодные годы (75% обеспеченности) в апреле разница достигает  $40\text{ м}^3/\text{с}$ . Павловский гидроузел не обеспечивает объемы экологического стока в нижнем бьефе в очень маловодные годы (95% обеспеченности) - в мае разница достигает  $92\text{ м}^3/\text{с}$ . Ниже

Анализ полученных типовых схем внутригодового распределения стока рек бассейна р.Белой показал, что Павловский и Нугушский гидроузлы в весенне-летний период сдерживают большие массы воды, а в межень, наоборот, увеличивают объем сброса, тем самым кривая внутригодового стока рр. Уфы, Нугуш, Белая в рассматриваемых створах в зарегулированный период носит более сглаженный характер.

по течению от гидроузлов их влияние уменьшается, но даже в створе г.Уфы сохраняется не обеспечение величин экологического стока: в очень маловодные годы (95% обеспеченности) разница между экологическим и измененным стоком достигает  $278\text{м}^3/\text{с}$ .

Проведенный анализ показал, что регулирование речного стока Павловским гидроузлом, а в особенности Нугушским гидроузлом, не обеспечивает величины экологического стока в особо важный для экосистемы период – в период весеннего половодья. С этой целью необходимо более подробно оценить изменения в режима половодного стока зарегулированных рек бассейна р.Белой.

**Половодный сток.** Определение произошедших изменений половодного стока реки в результате гидротехнического строительства обычно выполняется на основе анализа изменений 2-х групп характеристик половодного стока: гидрологических (максимальные уровень и среднесуточный расход воды, дата начала половодья, слой стока) и характеристик, определяющих динамику половодья (общая продолжительность половодья, дата наибольшего расхода воды, интенсивности подъема и спада уровней). Однако эти две группы характеристик не в полной мере отражают экологическую значимость процесса половодья, а именно: характер ежегодного затопления поймы как одного из главных компонентов речной экосистемы. В связи с этим при анализе изменений гидроэкологического режима в нижних бьефах гидроузлов в результате антропогенной трансформации половодного стока необходима оценка изменений характеристик половодного стока, которые бы учитывали характер затопления поймы. С этой целью предложена III-я группа характеристик (группа гидроэкологических характеристик):

- продолжительность затопления поймы в период половодья - число дней, в течение которых уровень воды выше отметки высоты поймы, дни;

- средняя глубина затопления поймы - средняя высота уровня воды над отметкой высоты поймы в период половодья. Средняя глубина на пойме за конкретный год ( $h_{cp}$ ) рассчитывается по формуле, см:

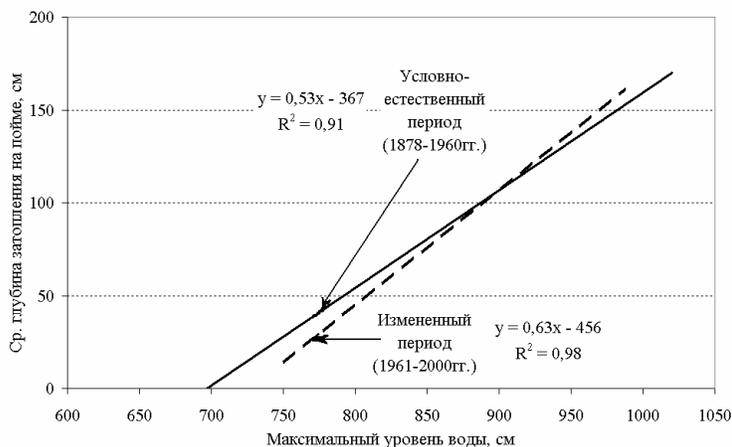
$$h_{cp} = \sum_{i=1}^T (H_i - h_n) / T = H_{cp} - h_n, \quad (1)$$

где  $H_i$  – высота уровня воды в реке в период половодья, см;  $h_n$  – отметка высоты поймы, см;  $T$  – продолжительность затопления поймы, дни;  $H_{cp}$  – высота среднего уровня воды в реке за период половодья, см;  $i$  – порядковый номер дня периода затопления.

Для оценки изменения половодного стока в бассейне р.Белой в створах нижних бьефов гидроузлов за период 1960-2000гг. относительно условно-

естественного периода (1878-1960гг.) построены эмпирические кривые обеспеченности ежегодных значений 11-ти характеристик половодного стока всех трех групп. Для каждой кривой обеспеченности проводился расчет параметров: среднего многолетнего значения, коэффициента вариации ( $C_V$ ) и асимметрии ( $C_S$ ), по которым рассчитывались значения 11-ти характеристик половодного стока в диапазоне варьирования 1-99 % обеспеченности. Для примера в таблице 3 приведены результаты проведенных расчетов для створа р.Белая - г.Уфа.

Как видно из таблицы 3, регулирование стока Павловским гидроузлом существенно изменило характер и динамику половодья на р.Белой в створе г.Уфы, что вызвало изменения и гидроэкологических характеристик половодного стока, а именно: сократилась продолжительность затопления поймы в среднем на 4 дня и снизилась средняя глубина затопления на пойме в среднем на 15см. Следует отметить, что если в условно-естественный период пойма не затоплялась только в очень маловодные годы (95-99% обеспеченности), то после зарегулирования пойма не затопляется уже в маловодные годы (75% обеспеченности).



**Рис.7. Связь между максимальным уровнем воды в р.Белой в створе г.Уфы и средней глубиной затопления поймы**

затопления поймы, продолжительностью затопления поймы от максимального уровня воды в реке. Все установленные зависимости аппроксимируются уравнениями вида  $y=k \cdot x+b$  с высокой достоверностью аппроксимации ( $R^2=0,91 \div 0,98$ ). Для примера на рисунке 7 приведена зависимость средней глубины затопления поймы от максимального уровня воды в р.Белой в период половодья). Полученные зависимости позволяют оперативно и с достаточно высокой достоверностью оценивать параметры, характеризующие затопление поймы в створе г.Уфы, где сосредоточены объекты хозяйственной деятельности, по максимальному уровню воды в створе).

С целью оценки взаимосвязи между максимальным уровнем воды в реке в период половодья и гидроэкологическими характеристиками половодного стока проводился корреляционно-регрессионный анализ рассчитанных значений характеристик половодного стока р.Белой в створе г.Уфы. Установлены зависимости между средней глубиной

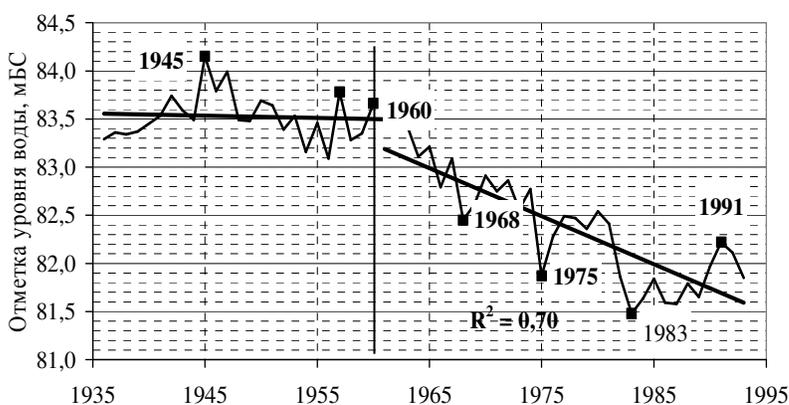
Таблица 3

Изменение параметров кривых обеспеченности характеристик половодного стока р.Белая  
в створе г.Уфы по данным 1878-2000гг.

Характеристики половодного стока	Расчетные параметры кривых обеспеченности характеристик половодного стока: <i>верхняя строка</i> – условно-естественный период (1878-1960гг.); <i>нижняя</i> – после строительства гидроузла (1961-2000гг.)										
	Среднее многолетнее значение	Cv	Cs	Значение показателя с обеспеченностью (%)							
				1	5	10	25	50	75	95	99
<b>I. Гидрологические характеристики</b>											
1. Максимальный уровень, см (абс. 81,41м БС)	791	0,18	-0,05	1200	1035	960	854	747	670	580	538
	735	0,22	-0,68	1110	965	900	790	685	590	490	440
2. Максимальный средне- суточный расход, м <sup>3</sup> /с *10 <sup>3</sup>	6,12	0,45	1,36	16,8	12,0	10,1	7,3	5,3	4,1	3,0	2,5
	5,33	0,33	0,33	10,5	8,8	7,9	6,4	4,9	3,9	2,8	2,2
3. Дата начала половодья, дни	10 апреля	0,17	0,08	28 апр.	22 апр.	18 апр.	14 апр.	9 апр.	5 апр.	30 мар.	26 мар.
	4 апреля	0,21	-0,33	23апр.	17 апр.	14 апр.	9 апр.	4 апр.	30 мар.	24 мар.	20 мар.
4. Слой стока, мм	145	0,34	0,56	280	235	212	175	140	107	75	55
	130	0,32	-0,29	256	212	190	157	123	92	57	37
5. Слой стока, % к годовому	61,0	0,17	-0,63	78,5	75,5	73,5	69,0	62,5	55,0	42,0	32,5
	53,7	0,18	-0,78	71,0	68,0	66,0	61,5	55,5	47,5	34,0	22,5
<b>II. Характеристики , определяющие динамику прохождения половодья</b>											
6. Общая продолжитель- ность половодья, дней	75	0,18	0,16	109,0	96,0	90,8	81,5	73,5	64,3	53,5	47,0
	70	0,21	0,25	108,5	94,5	88,0	76,8	67,5	58,5	47,5	40,5
7. Дата наибольшего расхода и уровня, дни	2 мая	0,14	-0,04	21 мая	16 мая	14 мая	9 мая	2 мая	25 апр.	16 апр.	10 апр.
	29 апреля	0,16	0,06	19 мая	14 мая	11 мая	5 мая	28 апр.	22 апр.	12 апр.	6 апр.
8. Интенсивность подъема, см/день	34,8	0,49	0,95	120,0	70,9	59,0	43,5	30,0	20,6	10,7	5,8
	35,3	0,21	-0,33	51,8	43,4	39,4	32,5	25,0	18,6	10,5	5,8
9. Интенсивность спада, см/день	11,6	0,23	0,38	19,8	16,8	15,5	13,3	11,2	9,5	7,4	6,3
	17,1	0,33	1,06	28,5	24,5	22,5	19,5	16	12,9	8,7	6,4
<b>III. Гидроэкологические характеристики</b>											
10. Продолжительность затопления поймы, дни	10	1,09	0,75	39,7	30,5	25,7	17,5	8,3	1,3	0,0	0,0
	6	1,12	0,55	26,0	19,2	15,5	9,8	3,5	0,0	0,0	0,0
11. Средняя глубина затопления поймы, см	57	1,10	0,58	237	181	150	98	38	5	0	0
	42	1,26	0,96	207	150	120	69	17	0	0	0

**В четвертой главе** в целях комплексной оценки влияния хозяйственной деятельности на изменения гидроэкологического режима р.Белой проведен анализ изменения режима уровней и поперечного профиля русла р.Белой.

Для анализа изменения уровня режима проводилась оценка изменения уровней воды ( $H$ ) при сохранении водности потока (посадки уровня). Для расчета посадки уровней на р.Белой, приведенных к условному расходу, построены кривые зависимости расхода воды ( $Q$ ) от уровня воды ( $H$ ):  $Q=f(H)$  за период 1936-1993гг. для трех створов реки: гг. Стерлитамак, Уфа, Бирск. За условный расход из ежегодных среднемесячных расходов воды ( $Q$ ) выбраны расходы: у г.Стерлитамака –  $200\text{м}^3/\text{с}$ , у гг.Уфа, Бирск –  $500\text{м}^3/\text{с}$ . Далее по построенным кривым  $Q=f(H)$  определялась посадка уровня при условном расходе. По результатам расчетов построены хронологические графики изменения уровней воды р.Белой (мБС). Результаты расчетов показывают, что на навигационном участке реки от г.Стерлитамака до г.Бирска за весь рассматриваемый период происходят ежегодные флуктуации повышений и понижений уровней воды при неизменных расходах с общим трендом к понижению. Для примера хронологический график изменения уровней воды р.Белой в створе г.Уфы представлен на рисунке 8. Как видно из рисунка 8, в



**Рис.8. Хронологический график изменения уровней воды р.Белой, приведенных к условному расходу  $500\text{ м}^3/\text{с}$ , в створе г.Уфы**

Наиболее опасной (катастрофической) посадка уровня наблюдается в створе г.Уфы, где интенсивность понижения уровней воды в среднем составляет 3-5см в год. На всех рассматриваемых створах р.Белой с конца 1980-х по настоящий момент наметилась тенденция к стабилизации или существенному уменьшению интенсивности посадок уровней воды.

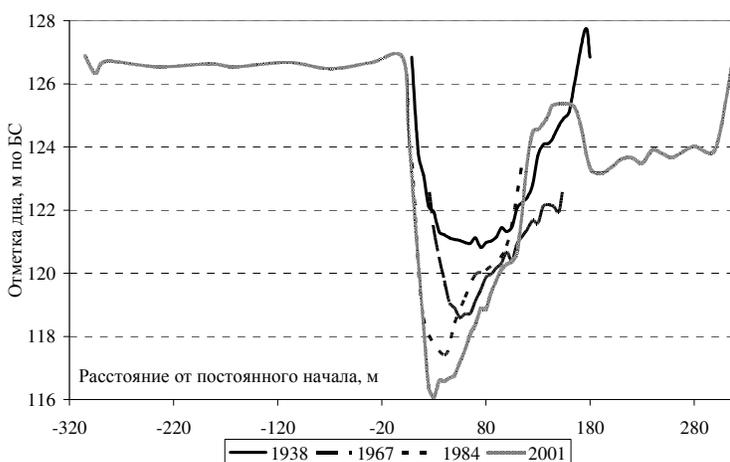
Анализ изменения поперечного профиля русла проводился на том же участке трех створов р.Белой (гг.Стерлитамак, Уфа и Бирск). Данные по замерам глубин за период 1938-2001гг. приводились к отметкам высот по

створе г.Уфы общее понижение уровней воды в реке началось с 1960г., которое к концу рассматриваемого периода достигло 160см.

Таким образом, установлено, что на навигационных участках р.Белой имеет место понижение (посадка) уровней воды при

Балтийской системе, по которым для каждого створа строился поперечный профиль дна русла. Полученные профили для каждого расчетного года совмещались.

Совмещенные профили живого сечения показывают, что площадь их за счет землечерпания и добычи песчано-гравийной смеси (ПГС) увеличилась для некоторых створов в 2-2,5 раза. В то время, как возле г.Уфы в период 1937-1965гг. происходило понижение отметок дна, то возле г.Бирск отмечалось повышение отметок дна, связанное, по-видимому, с аккумуляцией наносов. После 1965г. отметки дна реки возле г.Бирск понизились. Для примера на рисунке 9 представлено изменение поперечного профиля русла р.Белой для створа г.Стерлитамака за исследуемый период.



**Рис.9. Деформации поперечного профиля р.Белой в створе г.Стерлитамака**

р.Белой установлено изменение поперечного профиля русла реки в период 1938-2001гг. Расчеты показали, что интенсивность изменения поперечного профиля возрастает в период добычи ПГС, и после прекращения добычи наблюдается уменьшение, но до естественного состояния русло реки не восстанавливается.

Для оценки устойчивости экосистемы р.Белой и ее притоков к изменению режима речного стока, уровенного режима и изменению поперечного профиля русла проведена оценка уязвимости водотока на основе балльно-индексного метода (Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т., 2004), который основан на последовательном суммировании индексов для соответствующих признаков оценивания в баллах, получения суммарной балльной оценки и определению в итоге класса уязвимости водотока. Результаты оценки устойчивости рек Белая и Уфа показали, что данные водотоки принадлежат *I классу устойчивости*. При этом высокая устойчивость речной экосистемы не свидетельствует о ее экологическом благополучии, поскольку рр. Белая и Уфа испытывают мощный антропогенный пресс (Гареев А.М., 2000; Фащевская Т.Б, 2006).

Из рисунка 9 видно, что изменение поперечного профиля русла в створе имеет односторонний характер – русло становится искусственно заглубленным: к 1967г. – на 219см, к 1984г. – еще на 119см, к 2001г. – еще на 124см.

Таким образом, наряду с посадкой уровней воды

русла реки

Оценка устойчивости рек Белая и Уфа показала их минимальную уязвимость. Слабо уязвимая экосистема может достаточно долго противостоять внешнему воздействию, проявляющемуся в изменении параметров гидрологического и гидрохимического режимов водного объекта, и тем самым быть устойчивой к внешним воздействиям и нагрузкам. Однако интенсивная или чрезмерно продолжительная нагрузка может привести к деградации речных экосистем и потере присущих им уникальных природных свойств.

Для уменьшения негативного антропогенного воздействия на водотоки необходима оценка экологического риска деградации речных экосистем с последующим нормированием водоотведения для сохранения качества воды и нормированием водопотребления с целью снижения риска истощения водных ресурсов.

**Пятая глава** посвящена разработке научных основ рационального использования и охраны водных ресурсов: методики квотирования водопотребления и алгоритма оценки экологического риска деградации речной экосистемы при водопользовании.

По предложенному алгоритму проведена оценка экологического риска деградации экосистемы р.Белой в районе гг.Стерлитамака, Уфы, Бирска. Показано, что при данном уровне водопотребления г.Стерлитамаком с повторяемостью 1 раз в 18 лет появляется риск деградации экосистемы р.Белой в результате увеличения вероятности истощения водных ресурсов. Приемлемый уровень риска истощения водных ресурсов наблюдается при расходах воды не ниже  $53\text{м}^3/\text{с}$ .

При расчете экологических лимитов водопотребления (квот) используется понятие «свободного» стока ( $G_{\text{своб}}$ ), представляющего собой разницу между объемами естественного стока ( $G_{\text{ест}}$ ) и экологического ( $G_{\text{эк}}$ ). В связи с этим для поддержания гидроэкологического равновесия экосистемы реки суммарный забор воды в год различными водопотребителями ( $G_{\text{нотр}}$ ) не должен превышать величины «свободного» стока, т.е. необходимое условие:

$$G_{\text{нотр}} \leq G_{\text{своб}} \text{ или } G_{\text{нотр}} \leq G_p - G_{\text{эк}}, \quad (2)$$

где  $G_p$  – годовой сток реки на текущий (расчетный) период водопотребления,  $\text{км}^3$ .

При расчете квот водопотребления для  $n$  водопотребителей ( $g_i, \text{км}^3$ ) необходимо, чтобы выполнялось условие (2), которое будет иметь вид:

$$G_{\text{нотр}} = \sum_{i=1}^n g_i \leq G_{\text{своб}}, \quad (3)$$

Если принять отношение  $\frac{g_i}{G_{нотр}}$  (где  $g_i$ ,  $G_{нотр}$  – годовые объемы водопотребления до расчетного периода,  $км^3$ ) как долю  $i$ -го водопотребителя в общем объеме водопотребления крупного промышленного центра ( $G_{нотр}$ ), то, умножая ее на величину свободного стока ( $G_{своб}$ ), получаем нормированный экологическими требованиями годовой объем водопотребления. Тогда годовая квота для  $i$ -го водопотребителя ( $KB^i_{год}$ ) будет рассчитываться по формуле,  $м^3$ :

$$KB^i_{год} = \frac{g_i}{G_{нотр}} \cdot G_{своб} = \frac{g_i}{G_{нотр}} \cdot \sum_1^{12} G_{своб}^{мес} \quad (4)$$

где  $G_{своб}^{мес}$  – среднемесячный объем свободного стока, рассчитанный по внутригодовому распределению экологического стока.

Апробация предложенной методики осуществлена для г.Стерлитамака. Проведенный расчет годовых квот на 2004г. для водопотребителей р.Белой в створе города выявил, что в расчетном году водопотребление превысило квоты. Результаты расчета показывают, что проведение мероприятий по восстановлению гидроэкологического режима р.Белой в естественное состояние позволит увеличить возможности водопотребления более чем в 2,5 раза.

Выявлено завышение официально разрешенных объемов водопотребления по сравнению с рассчитанными по предложенной методике квотами водопотребления.

## ВЫВОДЫ

1. Изучена антропогенная нагрузка на Бельском водосборе.

Установлено, что наибольшее влияние на гидроэкологический режим рек бассейна р.Белой оказывают создание и эксплуатация Павловского и Нугушского водохранилищ, построенных соответственно в 1961 и 1967гг. Для оценки произошедших изменений гидроэкологического режима водотоков бассейна р.Белой период наблюдений 1878-1960гг. принят как условно-естественный.

2. Для оценки последствий антропогенной трансформации гидроэкологического режима, приводящих к нарушению устойчивости речной экосистемы, обосновано использование в качестве критериев значений экологического стока и предложенных гидроэкологических характеристик половодного стока (продолжительность и средняя глубина затопления поймы). С помощью данных критериев на основе оценки изменений режима речного стока, уровня режима и изменения поперечного профиля русла реки

проведена комплексная оценка воздействия урбанизации и хозяйственной деятельности человека на гидроэкологический режим р.Белой.

Установлено, что в результате зарегулирования Павловским и Нугушским водохранилищами притоков р.Белой изменился режим речного стока. В результате изменения режима стока в нижних бьефах водохранилищ не обеспечиваются экологически необходимые расходы воды и необходимый для развития экосистемы поймы уровень воды в период половодья.

На навигационном участке р.Белой в створах гг.Стерлитамак, Уфа, Бирск выявлено изменение поперечного профиля русла и факт посадки уровней воды.

3. Проведена оценка экологически допустимых объемов безвозвратного изъятия водных ресурсов в бассейне р.Белой для эффективного планирования и управления речным стоком на водосборной территории с учетом природоохранных требований к рациональному использованию водных ресурсов. На ее основе получено вероятностное распределение экологического стока рек бассейна р.Белой с учетом водности года и в зависимости от фазы водного режима реки.

Для рационального водопользования с целью сохранения экологической целостности речных экосистем и ресурсосбережения установлены корреляционные зависимости экологического стока рек бассейна р.Белой от площади их водосбора, позволяющие определять величину экологического стока при недостатке гидрологической информации (для малоизученных и неизученных рек).

4. Установлены особенности прохождения половодья на р.Белой при современном уровне антропогенной нагрузки. Выявлены закономерности изменения за многолетний период (1878-2000гг.) 11-ти параметров половодного стока, формирующего основные экологические условия для флоры и фауны пойменных экосистем.

Установлены корреляционные зависимости продолжительности затопления, средней глубины затопления поймы в период половодья от максимального уровня воды.

5. Для рационального использования и охраны водных ресурсов предложен алгоритм определения экологического риска деградации речной экосистемы при водопользовании, на основе которого разработана методика квотирования водопотребления крупным промышленным центром.

#### **Основные публикации по теме диссертации:**

1. Красногорская Н.Н., Фащевская Т.Б., Елизарьев А.Н., Рогозина Т.А. Концептуальные основы оценки экологического риска деградации речных

экосистем при осуществлении водопользования // Безопасность жизнедеятельности, №11, 2006. с.23-28.

2. Расчет экологически допустимых изменений водного режима рек бассейна реки Белая, свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2006611676 от 19.05.2006г.

3. Елизарьев А.Н. Исследование влияния строительства водохранилища на экосистему речной долины // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Седьмая Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов. В 3-х томах. – М.: Издательство МЭИ, 2001г., Т.2. с. 179.

4. Елизарьев А.Н. Экологическое обоснование допустимой степени регулирования речного стока // Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Сборник докладов Пятой международной экологической конференции студентов и молодых ученых. Москва, МГГУ. 18-19 апреля 2001г. Том 1. – Смоленск, изд-во «Ойкумена», 2001г., с. 96-98.

5. Красногорская Н.Н., Фащевская Т.Б., Елизарьев А.Н. Регламентация использования водных ресурсов // Техносферная безопасность: материалы седьмой Всероссийской научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный строительный университет (Ростов-на-Дону – Новочеркасск - Туапсе), 2002г., с. 194-200.

6. Елизарьев А.Н. Экологическое обоснование проведения водохозяйственных мероприятий в бассейнах рек РБ // Тезисы докладов VI-го республиканского конкурса научных работ студентов вузов РБ «Безопасность жизнедеятельности», Уфа, Изд-во НИИ БЖД РБ, 2003г., с. 21.

7. Елизарьев А.Н., Красногорская Н.Н., Фащевская Т.Б. Экологический сток как критерий управления водохранилищем водными ресурсами // Материалы VI-х межрегиональных юношеских чтений им. В.И. Вернадского: «Шаг в ноосферу», Моршанск, 2004г., с. 55-56.

8. Елизарьев А.Н., Фащевская Т.Б., Ганцева Е.М. Изменение характеристик половодного стока реки Белой в результате создания Павловского водохранилища // Труды Международного форума по проблемам науки, техники и образования «III тысячелетие – Новым мир». Том 2. / Под ред. В.П. Савиных, В.В. Вишневого. – М.: Академия наук о Земле, 2003г., с. 90-92.

9. N. Krasnogorskaya, T. Fashchevskaya, A. Yelizaryev. Computation of ecologically admissible change of the characteristics of the Bashkortostan rivers water regime // Scientific publications “Technomat & Infotel 2003”. Articles, presented as reports at 5th International Symposium “Technomat & Infotel 2003.

Materials, Methods and Technology” (ISSN 0861 9861), Vol. IV, Book 2, Bourgas, Bulgaria, 2003 y., p. 265-267.

10. Красногорская Н.Н., Фащевская Т.Б., Елизарьев А.Н. Экологически безопасное управление водными ресурсами рек // *Фундаментальные исследования*, №5, 2004г., с. 37-38.

11. Красногорская Н.Н., Фащевская Т.Б., Елизарьев А.Н. Регламентирование использования водных ресурсов // *Водохозяйственный комплекс России: состояние, проблемы, перспективы: сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции*. – Пенза: РИО ПГСХА, 2004г., с. 60-63.

12. Елизарьев А.Н., Фащевская Т.Б. Нарушение условий ведения хозяйственной деятельности в бассейне реки Белой в результате изменения гидроэкологического режима водотока // *Экология человека: концепция факторов риска, экологической безопасности и управления рисками: сборник материалов Международной научно-практической конференции*. – Пенза: РИО ПГСХА, 2004г., с. 16-18.

13. Alex Elizariev. The problem of a regulation of use by city of water resources // *Экология фундаментальная и прикладная: Проблемы урбанизации: Материалы Междунар. научно-практической конференции*, Екатеринбург, 3-4 февр. 2005г. - Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2005., с. 120-121.

14. Елизарьев А.Н., Фащевская Т.Б., Ганцева Е.М.. Мониторинг качества воды среднего и нижнего течения реки Белой // *Труды Международного форума по проблемам науки, техники и образования «III тысячелетие – Новым мир»*. Том 3. / Под ред. В.П. Савиных, В.В. Вишневого. – М.: Академия наук о Земле, 2004г., с. 65-66.

15. Елизарьев А.Н., Красногорская Н.Н., Фащевская Т.Б. Использование модели параметров весеннего половодья в бассейне реки Белой при разработке тарифов страхования от возможных наводнений // *Тезисы докладов IX-го республиканского конкурса научных работ молодых ученых, аспирантов и студентов вузов РБ «Безопасность жизнедеятельности»*, Уфа, Изд-во НИИ БЖД РБ, 2005г., с. 112-113.

16. Елизарьев А.Н., Рогозина Т.А. Экологическое нормирование водопользования в районе крупного промышленного центра // *«Мировое сообщество: проблемы и пути решения»*, №18, 2005г., с. 141-153.

17. Елизарьев А.Н., Фащевская Т.Б. Экологический менеджмент и управление искусственным гидросооружением // *Труды VI Всероссийской научно-практической конференции «Энергия молодых – экономике России»*. – Томск: изд-во Томского политехнического ун-та, 2005. – с.363-367.

18. Елизарьев А.Н., Ганцева Е.М. Борьба с наводнениями и эксплуатация искусственных гидросооружений // Дальневосточная весна 2006: Материалы международной научно-практической конференции - Комсомольск-на-Амуре: ГОУ ВПО «КНАГТУ», 2006г. – с.168-172.

19. Елизарьев А.Н., Красногорская Н.Н. Влияние зарегулирования водотоков бассейна р.Белой на рыбные запасы реки // Дальневосточная весна 2006: Материалы международной научно-практической конференции в области экологии и безопасности жизнедеятельности - Комсомольск-на-Амуре: ГОУ ВПО «КНАГТУ», 2006г. – с.172-175.

20. Елизарьев А.Н., Фащевская Т.Б., Ганцева Е.М. Прогнозирование параметров весеннего половодья при управлении искусственными гидросооружениями // Материалы конференции «Водоснабжение, водоотведение, охрана водных ресурсов, гидрогеоэкология», посвященной памяти академика С.В.Яковлева. М.: Дар/Водгео, 2006. с.64-65.

21. Елизарьев А.Н., Красногорская Н.Н., Фащевская Т.Б. Антропогенная трансформация экосистемы реки Белой в районе города Стерлитамак // Региональные экологические проблемы современности: Сборник научных трудов международной научно-практической конференции – Уфа: изд-во БашГАУ, 2006. – 2ч. – с.190-196.

22. Красногорская Н.Н., Фащевская Т.Б., Елизарьев А.Н., Рогозина Т.А. Учет природоохранных требований при управлении режимом Павловского гидроузла // Материалы конференции «Водоснабжение, водоотведение, охрана водных ресурсов, гидрогеоэкология», посвященной памяти академика С.В.Яковлева. М.: Дар/Водгео, 2006. с.68-69.

23. Красногорская Н.Н., Фащевская Т.Б., Рогозина Т.А., Елизарьев А.Н. Оценка экологического риска деградации экосистемы р.Белой при осуществлении водопользования промышленными центрами Республики Башкортостан // Башкирский экологический вестник, №2 (16), 2006. с.8-13.

24. Елизарьев А.Н., Гарифуллина Л.Р., Фащевская Т.Б., Красногорская Н.Н. Квотирование водопотребления крупного промышленного центра // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2006): материалы III-й Международной научно-технической конференции. В 2-х т. – Уфа: типография НИИ БЖД РБ, 2006. Т.1. с.82-86.

25. Елизарьев А.Н., Рогозина Т.А., Фащевская Т.Б., Красногорская Н.Н. Деграляция речной экосистемы в районе крупного промышленного центра и экологический риск // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон. Материалы международной конференции. – СПб.: изд. РГГМУ, 2006. с.87-88.