

*На правах рукописи*

**ВЫРУЧАЛКИНА ТАТЬЯНА ЮРЬЕВНА**

**ВЛИЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЦ НА ИЗМЕНЕНИЕ РЕЖИМА РЕЧНОГО  
СТОКА И ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ**

25.00.36 – Геоэкология

**Автореферат**

**диссертации на соискание ученой степени**

**кандидата географических наук**

**Москва – 2004**

Работа выполнена в Институте водных проблем РАН

Научный руководитель: доктор технических наук, проф.  
Д.Я. Раткович

Официальные оппоненты: доктор технических наук  
А.Е. Асарин

доктор географических наук, доцент  
Н.М. Новикова

Ведущая организация: Московский государственный университет  
природообустройства

Защита состоится « 03 » марта 2005 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании  
диссертационного совета Д.002.040.01 в Институте водных проблем РАН,  
по адресу: 119991, г. Москва, ул. Губкина, д. 3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института водных проблем РАН.

Автореферат разослан « 27 » января 2005 г.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенные печатью) просим направлять  
по адресу: 119991 Москва, ГСП-1, ул. Губкина, 3, Институт водных проблем РАН, учено-  
му секретарю Диссертационного совета Д.002.040.01, факс 135-54-15

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
д.г.-м.н., проф.

Р.Г. Джамалов

2006-4  
3216

2126169

Введение

Природные воды всегда играли важную роль в развитии общества. Для погашения возрастающих потребностей общества в пресной воде, происходит преобразование естественного режима водных объектов. Антропогенная деятельность оказывает влияние на природные воды в двух направлениях: изменение характеристик гидрологического режима водных объектов и трансформация качества природных вод.

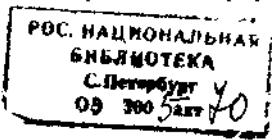
Настоящая работа направлена на изучение первого из указанных направлений.

Территориальная неравномерность, большая временная изменчивость речного стока затрудняют водообеспечение населения и развитие экономики России. Эта проблема решается за счет регулирования стока рек водохранилищами. Регулирование является наиболее распространенным и эффективным способом устранения дефицита водных ресурсов в маловодные годы и лимитирующие периоды. Оно получило особенно интенсивное развитие в последние пятьдесят лет в районах, имеющих в среднем вполне достаточные водные ресурсы, но характеризующиеся большой изменчивостью во времени. Регулирование речного стока водохранилищами осуществляется не только для водообеспечения населения, но и в интересах гидроэнергетики, водного транспорта, промышленности, сельского хозяйства и др. Причем наиболее эффективное и многоцелевое использование водных ресурсов достигается в каскадно-расположенных водохранилищах, образующих единую водохозяйственную систему. В настоящее время на многих реках сооружены каскады водохранилищ, которые коренным образом преобразуют гидрологический режим, выравнивая внутригодовое распределение стока и увеличивая расходы воды в меженные периоды. Примерами могут служить Волжско-Камский, Ангаро-Енисейский и др. каскады.

В результате сооружения и эксплуатации водохранилищ существенно изменился гидрологический режим важнейших рек России. Величины этих изменений определяются соотношением объемов полезной емкости водохранилищ и стока реки, в значительной степени зависят от водности года и режима работы гидроузлов. Эффект регулирования особенно сильно сказывается в маловодные и средние по водности годы. Анализ изменений гидрологического режима за счет создания водохранилищ проводится посредством сопоставления характеристик стока в створе до и после регулирования.

Для эффективного использования водных ресурсов в будущем необходимо иметь надежное представление о тех изменениях в гидрологическом режиме, которые уже произошли под влиянием хозяйственной деятельности, и о тех последствиях, к которым могут привести планируемые на реках мероприятия, преобразующие режим речного стока. В связи с этим оценка влияния хозяйственной деятельности на гидрологический режим стоит в центре внимания современной гидрологической науки.

Строительство плотин на реках нарушает условия существования водных экосистем, как в верхних, так и в нижних бьефах. Исследование по данному вопросу весьма сложная и многоплановая задача, поэтому в диссертации рассматривается только вопрос о влиянии регулирования



стока на условия существования проходных и полупроходных видов рыб в нижних бьефах гидроузлов.

В качестве объектов исследования в данной работе было выбрано, из числа крупнейших, пять водохранилищ (охватывающих основные типы равнинных водохранилищ России): Волгоградское на Волге, Цимлянское на Дону, Ириклинское на Урале, Иркутское и Братское на Ангаре. Проблема изменения режима речного стока актуальна для каждого из названных объектов, но наиболее остро она стоит для Волгоградского водохранилища, расположенного на основной нерестовой реке и обеспечивающего разнообразный хозяйственный комплекс.

Большинство крупных систем характеризуются наличием водохранилищ, искажающих естественный режим стока. На некоторых реках на режим стока оказывают аналогичное влияние озерность и заболоченность водосборного бассейна (естественное регулирование). Цель работы – изучение гидрологического режима рек в створах указанных водохранилищ до и после их создания, а также оценка влияния зарегулированных условий на нерест проходных и полупроходных видов рыб на Нижней Волге.

Задачи диссертации. В соответствии с целью работы, ставятся следующие задачи:

- 1) установить, соответствует ли фактический режим эксплуатации водохранилищ проектному;
- 2) исследовать особенности режима стока озерных рек; определить возможность применения стохастической модели на основе корреляционной теории случайных процессов для изучения режима стока озерных рек;
- 3) выявить статистические зависимости между половодным стоком Нижней Волги и эффективностью размножения проходных и полупроходных видов рыб.

В основу работы положен анализ материалов «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши», «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» и данные рассчитанные Гидропроектом. Также использованы материалы, опубликованные в сборниках работ КаспНИИРХ и ВНИРО.

Научная новизна работы:

- проведен анализ стоковых рядов (фактических и расчетных) за почти вековой период наблюдений для основных водохозяйственных систем России (Н.Волга, Дон, Урал, Ангара);
- проведен анализ соответствия фактического режима эксплуатации водохранилищ проектному;
- за счет использования последних данных, уточнен режим речного стока под влиянием естественных и антропогенных воздействий на него;
- выполнено исследование гидрологического режима Нижней Волги после создания Волгоградского водохранилища с оценкой влияния регулирования стока и естественных процессов;
- сформулированы предложения по минимизации отрицательных последствий регулирования стока для проходных и полупроходных видов каспийских рыб, которые можно использовать при уточнении режима эксплуатации Волжско-Камского каскада ГЭС.

Защищаемые положения

реальные режимы эксплуатации водохранилищ отличаются от проектных, что приводит к изменениям экологического стока;

стохастическая модель, построенная на основе корреляционной теории случайных процессов, воспроизводит основные закономерности многолетних колебаний стока озерных рек и может быть использована при изучении воздействия водохранилищ на режим речного стока;

благоприятное сочетание природных условий для нереста проходных и полупроходных видов рыб на нижней Волге встречаются в среднем 1 раз в 3–4 года при объеме половодья 100–160 км<sup>3</sup>.

#### Практическая значимость.

Уточненные характеристики режима речного стока позволяют с большей достоверностью оценить влияние хозяйственной деятельности, а также могут использоваться в решении практических задач.

Разработанные предложения по режиму нерестовых пусков могут быть рекомендованы для использования по уточнению правил эксплуатации Волжско-Камского каскада ГЭС.

Апробация работы и публикации. По теме диссертации опубликовано 3 статьи и один доклад. Одна статья находится в печати. Научные результаты работы докладывались на конференциях «Современные проблемы стохастической гидрологии» (Москва, 2001 г.).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав и выводов. Работа изложена на 118 стр. текста и включает в себя 35 рисунков, 19 таблиц и список литературы, состоящий из 82 наименования.

### **Глава 1. Динамика водопотребления и регулирование стока на основных речных системах России.**

Исследования в области регулирования стока и влияния этого процесса на окружающую среду ведутся давно, основные результаты принадлежат авторам: Асарину А.Е., Марти Ю.Ю., Крицкому С.Н., Менкелю М.Ф., Ратковичу Д.Я., Авакяну А.Б., Данилову-Данильяну В.И., Афанасьеву А.Н.

В первой главе рассматриваются положительные и отрицательные аспекты создания водохранилищ, а также динамика водопотребления в Российской Федерации с 1970 по 2002 гг. Функционирование практически всех отраслей экономики связано в той или иной степени с поверхностными водами и зависит от их режима. Обеспечение населения водой одна из основных задач. В промышленности вода участвует в технологических процессах, иногда входит в состав продукции; применяется для отвода всякого рода отходов; в широких масштабах используется для охлаждения в атомной и тепловой энергетике; обеспечивает сельскохозяйственное производство; вращение турбин ГЭС; поддерживает гарантированные глубины водных путей для судоходства. Эти функции предполагают создание сложных водворесурсных и водноэнергетических систем.

Спад промышленного и сельскохозяйственного производства в течение последних пятнадцати лет снизили объемы воды забираемой, использованной и сброшенной. А.П. Демин [Демин, 2001] предпринял попытку обобщить во многом противоречивую информацию о водопотреблении

с 1970 г., когда появились относительно надежные данные, и до 1998 г. Представленные материалы по забору воды за период 1999-2002 гг. базируются на докладах Министерства природных ресурсов за соответствующие годы [Госдоклад «О состоянии...» 1999,2000,2001,2002]

В 1980-е годы водопотребление в РФ достигло своего максимального значения, а затем стабилизировалось (рис 1). В условиях социально-экономического кризиса 1990-х годов произошло снижение как полного, так и безвозвратного водопотребления. В 1998-2002 гг. намечалась его стабилизация. В целом для России общее водопотребление, достигнув во второй половине 1980-х годов 113-115 км<sup>3</sup>/год, к началу 2000-х гг. снизилось до 67 км<sup>3</sup>/год, а безвозвратное – с 36-40 км<sup>3</sup>/год до 25-30 км<sup>3</sup>/год [Госдоклад «О состоянии...» 1999,2000,2001,2002].

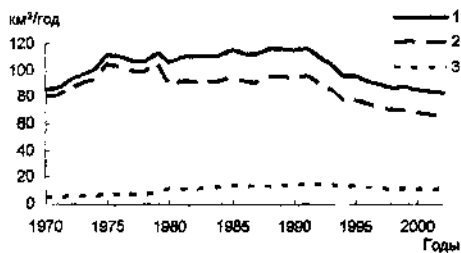


Рис 1 Динамика водопотребления России. 1 – общее водопотребление, 2 – из поверхностных источников (рек), 3 – из подземных источников.

Использование воды в России увеличивалось до 1985 г.; на орошение – до 1987 г., а на сельскохозяйственное – до 1992 г. [Демин, 2001]. На хозяйственно-питьевые цели водопотребление с 1985 г. стабилизировалось, а по остальным направлениям произошел существенный спад: на орошение и обводнение – в 2,5, промышленность – в 1,7 раза; сельскохозяйственное водоснабжение на 2002 г. снизилось почти в 4 раза. Расходы воды в системах оборотного и повторного водоснабжения росли до 1991 г., а затем снизились почти на 30%. За последние пять лет (1998-2002 г.) водопотребление стабилизировалось почти по всем отраслям.

Водопотребление по стране развито неравномерно. На бассейн Волги приходится 38% от всей забираемой в стране воды, Дона и Кубани – 27%, Оби – 14%. Половина сельскохозяйственных затрат воды приходится на Северо-Кавказский район вследствие концентрации здесь орошаемых земель, а по производственному водопотреблению – на Центральный и Уральский районы.

В настоящее время наибольшее уменьшение стока под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе с учетом регулирования стока водохранилищами) имеет место в бассейнах Кубани, Дона, Урала, Терека и Сулака.

Существенно изменилась структура использования воды. Доля хозяйственно-питьевого водоснабжения выросла с 9% в 1970 г. до 21% в 2002 г., а доля сельскохозяйственного водоснабжения в 2002 г. приблизилась к уровню 1970 г. (1,6% и 1,5% соответственно). Удельный вес расхода воды на производственные нужды во всех отраслях экономики снизился с 71% в 1970 г. до 59% в 2002 г. В начале 70-х гг. доля расходуемой на орошение воды составляла 15% суммарного водопотребления и увеличилась в начале 80-х гг. до 23%. Далее в результате внедрения водосберегающих технологий, а позднее из-за резкого снижения поливаемых площадей эта составляющая снизилась

до 13%. Таким образом, официальные данные о водопотреблении показывают его снижение за последние 15 лет почти вдвое и стабилизацию за 1998-2002 гг. почти по всем отраслям хозяйства

## Глава 2. Физико-географические и хозяйственно-экономические условия рассматриваемых бассейнов.

В работе исследуется режим стока в створах пяти водохранилищ, территориально приуроченных к основным речным бассейнам России: Волгоградского на Волге, Ириклинского на Урале, Цимлянское на Дону, Иркутского и Братского на Ангаре. Основные характеристики этих водохранилищ представлены в табл.1. В главе 2 проводится анализ водопотребления по указанным бассейнам.

Таблица 1. Характеристики исследуемых объектов

Годы анализа	Водохранилище	Питание реки	Полезная емкость, км <sup>3</sup>	Назначение водохранилищ <sup>1</sup>	Регулирование стока
1915-2000	Волгоградское	снеговое	8,25	Э, ВТ, О, П	сезонное
1917-1988	Цимлянское	--	11,54	ВТ, О	многолетнее
1927-1988	Ириклинское	--	2,20	В, О	--
1905-1995	Иркутское	озерное	46	Э, ВТ	--
1905-2000	Братское	--	48,2	Э, ВТ	--

Бассейн Волги охватывает значительную территорию Европейской части страны (37 субъектов РФ полностью или частично находятся на территории бассейна). В Волжском бассейне функционируют два каскада водохранилищ: малых в бассейне р.Москвы и крупных в бассейнах р.Камы, среднем и нижнем течении р.Волги. Первые созданы в основном для водоснабжения г.Москвы; вторые – для выработки гидроэнергии и повышения гарантированных судоходных глубин, а также для обеспечения водой орошаемого земледелия на Нижней Волге и осуществления специальных попусков воды в целях улучшения условий функционирования водных и наземных экосистем. Из поверхностных источников бассейна Волги в 1998-2002 гг. в среднем было: забрано – 24,4 км<sup>3</sup>, сброшено – 18,6 км<sup>3</sup>, безвозвратное водопотребление составило 6,9 км<sup>3</sup> [Госдоклад «О состоянии...» 1999,2000,2001,2002].

Воды Урала в верхнем течении широко используются для водоснабжения городов и предприятий промышленности и орошения. Здесь построен ряд водохранилищ, из них самое крупное Ириклинское, снабжающее водой Магнитогорск и другие города, а также промышленные предприятия. Изъятия воды в бассейне Урала в пределах РФ в 1998-2002 гг. составили в среднем 2,00 км<sup>3</sup>/год или 1/3 объема среднегодового стока [Госдоклад «О состоянии...» 1998,1999,2000,2001, 2002], основным потребителем являлась промышленность (80%). Сброшено было 1,74 км<sup>3</sup>.

В Каспийском бассейне суммарный водозабор, достигнув в 1980-е гг. 70-72 км<sup>3</sup>/год, к 2000-2002 гг. снизился до 50 км<sup>3</sup>/год, а безвозвратное водопотребление уменьшилось соответственно с 40 км<sup>3</sup>/год до 25 км<sup>3</sup>/год (рис. 2).

<sup>1</sup> Э – энергетика, ВТ – водный транспорт, О – орошения, П – экологические попуски, В – водоснабжение городов и предприятий

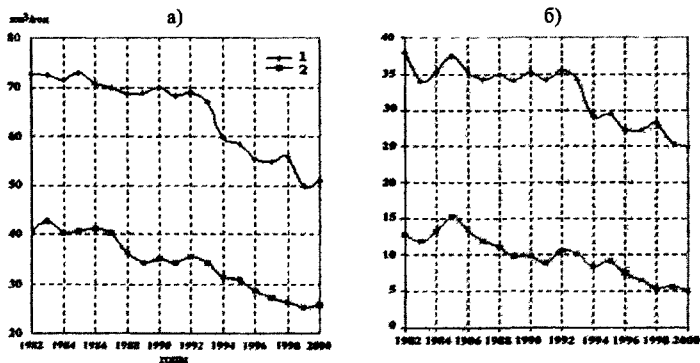


Рис. 2. Водопотребление в бассейнах Каспийского моря (а) и Волги (б) 1 - суммарное водопотребление, 2 – безвозвратное водопотребление.

Зарегулирование стока Дона и Кубани способствовало развитию водопотребления в их бассейнах. Норма естественного стока в устье Дона составляла  $27,9 \text{ км}^3/\text{год}$ , Кубани –  $13,7 \text{ км}^3/\text{год}$ . В 80-е гг XX столетия общее водопотребление в бассейне Азовского моря достигало  $30 \text{ км}^3/\text{год}$  [Раткович, 1993], к концу века оно сократилось до  $20 \text{ км}^3/\text{год}$  [Госдоклад «О состоянии...», 1999...; Доклад «О состоянии...», 1998,1999]. Безвозвратное водопотребление с  $13 \text{ км}^3/\text{год}$  уменьшилось до  $7 \text{ км}^3/\text{год}$ .

В 1998-2002 гг. в бассейне Дона было изъято в среднем  $6,4 \text{ км}^3$  и сброшено в гидрографическую сеть  $3,9 \text{ км}^3$ ; в бассейне Кубани  $10,5 \text{ км}^3$  и сброшено  $2,8 \text{ км}^3$  соответственно. Основным потребителем воды в бассейне моря являются орошаемые земли, а водопользователем – водный транспорт. В настоящее время в среднем около  $1,5\text{-}2 \text{ км}^3/\text{год}$  теряется на дополнительное испарение с поверхности Цимлянского водохранилища,  $0,1\text{-}0,25 \text{ км}^3/\text{год}$  – Краснодарского.

Ангара имеет большое экономическое значение для региона, её воды используются в основном гидроэнергетикой и судоходством. На реке построен каскад водохранилищ. Он имеет общую установленную мощность 9 млн кВт (более 20% мощности всех ГЭС РФ), в год им вырабатывается в среднем 48 млрд кВт·ч гидроэнергии (более 25% ее производства всеми ГЭС страны). В силу уникальных условий строительства ГЭС Ангарского каскада – самые эффективные электростанции страны. Норма стока Ангары в устье составляет более  $130 \text{ км}^3/\text{год}$ . Изъятия воды в целях водоснабжения населения и промышленности незначительны, в пределах 1-2% от объема стока в устье [Госдоклад «О состоянии...» 1999,2000,2001,2002].

### Глава 3. Статистические характеристики речного стока рассматриваемых рек.

На территории России подавляющая часть крупных рек освоена и соответственно режим их искажен изъятиями и регулированием. Для оптимального управления и использования водных ресурсов необходимо иметь надежное представление об изменениях закономерностей колебания



стока в результате его многолетнего и сезонного регулирования. В целях предварительного установления этих закономерностей ниже рассмотрен характер трансформации естественного стока в результате его регулирования на примере нескольких типовых водохранилищ России, осуществляющих многолетнее (Цимлянское на Дону, Братское и Иркутское на Ангаре, Ириклинское на р. Урал) и сезонное регулирование стока (Волгоградское на Волге). Рассматриваемые реки характеризуются разными типами питания (в том числе озерным на водохранилищах Ангары), широкими диапазонами водности и изменчивости годового стока.

Анализ изменений гидрологического режима за счет создания водохранилищ осуществляется путем сопоставления характеристик стока в створе до и после регулирования, при помощи восстановления естественного и зарегулированного стока. Таким образом, оценка изменений проводилась по четырем режимам стока: естественному (I) и зарегулированному (II) до создания водохранилищ, а также восстановленным естественному (III) и зарегулированному (IV) после наполнения водохранилищ. Характеристики стока в естественных и зарегулированных условиях в створах указанных водохранилищ приведены в табл. 2, где  $\bar{Q}$ , м<sup>3</sup>/с – норма стока,  $\sigma$ , м<sup>3</sup>/с – среднеквадратическое отклонение,  $C_v$  – коэффициент вариации,  $C_s$  – коэффициент асимметрии,  $r$  – коэффициент автокорреляции.

Таблица 2. Статистические характеристики среднегодового речного стока в створах водохранилищ до и после их создания

Водный режим		$\bar{Q}$	$\sigma$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$r$
<i>Волгоградское водохранилище</i>							
1915-1958	естественный (I)	7939	1620	0,20	0,44	2,18	0,48
	зар. восстановленный (II)	7195	1581	0,22	0,50	2,27	0,56
1961-2000	ест. восстановленный (III)	8461	1420	0,17	-0,07	-0,44	0,19
	зарегулированный (IV)	7859	1414	0,18	0,10	0,57	0,23
<i>Цимлянское водохранилище</i>							
1917-1952	естественный (I)	728	261	0,36	0,69	1,93	0,09
	зар. восстановленный (II)	561	258	0,46	1,06	2,30	0,21
1956-1988	ест. восстановленный (III)	567	180	0,32	0,60	1,89	0,12
	зарегулированный (IV)	427	157	0,37	0,84	2,27	0,34
<i>Ириклинское водохранилище</i>							
1927-1957	естественный (I)	45,4	45	0,99	1,39	1,41	0,57
	зар. восстановленный (II)	40,7	40	0,99	1,95	1,98	0,49
1963-1988	ест. восстановленный (III)	45,0	27	0,61	1,10	1,81	0,23
	зарегулированный (IV)	35,8	23	0,64	2,21	3,46	0,58

<i>Иркутское водохранилище</i>							
1905-1956	естественный (I)	1956	291	0,15	0,78	5,22	0,70
	зар. восстановленный (II)	1954	290	0,15	1,29	8,68	0,54
1958-1995	ест. восстановленный (III)						
	зарегулированный (IV)	1900	297	0,16	-0,09	-0,60	0,57
<i>Братское водохранилище</i>							
1905-1956	естественный (I)	2950	368	0,12	0,61	4,91	0,60
	зар. восстановленный (II)	2909	298	0,10	1,31	12,76	0,54
1968-2000	ест. восстановленный (III)						
	зарегулированный (IV)	2951	390	0,13	-0,33	-2,49	0,48

На рассмотренных водохранилищах доля изъятий стока относительно невелика: от 7 до 23%. На р.Урал при сохранении стока маловодных лет, в средние по водности годы он заметно сокращается; соответственно возрастает при регулировании коэффициент вариации годового стока. На Дону сток сокращается во все годы, наиболее отчетливо – в многоводные. Соответственно, на водохранилищах изменчивость стока несколько увеличивается. Ограниченный эффект многолетнего регулирования стока на Иркутском водохранилище объясняется высоким  $C_v$ .

Показательно сопоставление гидрографов естественного (I) и зарегулированного (II) стока за характерные годы, например близкие к обеспеченности  $p = 50\%$  (рис. 3).

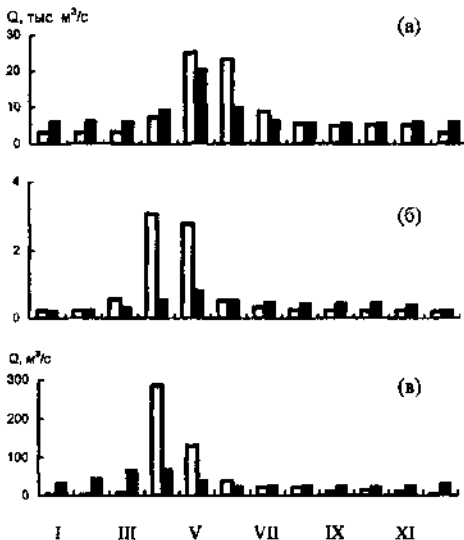


Рис. 3. Гидрографы лет со стоком 50%-ной обеспеченности в естественном режиме стока (I) – светлые столбцы и в зарегулированном (IV) – темные, в створах Волгоградского, Цимлянского и Иркутского водохранилищ (а-в соответственно).

Гораздо более существенно проявляется эффект регулирования на его внутригодовом распределении. На тех реках, где регулирование стока преследует цель, главным образом, выработки

энергии и улучшения условий судоходства, меженный сток увеличивается, иногда в нескольких раз. На Волге приходится сохранять имитацию половодья в интересах экологии, но при этом сокращается его продолжительность и высота. Коэффициенты вариации половодного стока в результате воздействия водохранилищ в большей части случаев почти удваиваются. А во время межени на реках изменчивость сезонного стока обычно сокращается, иногда до 2 раз.

Рассмотрим автокорреляцию зарегулированных стоковых рядов. Как известно, автокорреляция в стоковых рядах невелика, поэтому необходим анализ обширных материалов натуральных наблюдений. Общий характер автокорреляционных функций стоковых рядов при зарегулировании – кратковременное распространение значимых внутрiryдных связей для половодных периодов (слабое влияние предыстории процесса). Для межени, когда сток формируется в основном подземными водами (сильным насыщением водой почвогрунтов) обуславливается повышенный их возврат в гидрографическую сеть в течение последующего длительного периода.

На Волге у Волгограда сроки половодья, как и на любой реке, от года к году «перемещаются» внутри некоторого периода (волна половодья продолжительностью 2,5-3 месяца наблюдается с апреля по июль). Таким образом, в первые (и в последние) декады этого периода часть лет относится к половодью, часть – к межени. Для половодья связь стока данного месяца с предшествующими охватывает не более нескольких месяцев, для межени растягивается до нескольких лет. Во многих случаях ординаты автокорреляционной функции при регулировании стока даже возрастают. При сезонном регулировании стока высокое половодье обуславливает повышенную водность вплоть до следующей половодной волны, при многолетнем регулировании – до 2-3 лет.

На Волге половодье наступает немного позже проектного. Оно ниже, но продолжительнее. Величина расхода воды в апреле меньше проектной на 500, в мае – на 2000 м<sup>3</sup>/с, в то же время в июне это значение выше на 3000 м<sup>3</sup>/с. Фактические расходы воды как летне-осенней, так и зимней межени выше проектных значений в среднем на 900 м<sup>3</sup>/с (от 200 до 2000 м<sup>3</sup>/с).

Несмотря на то, что основное назначение Цимлянского гидроузла в процессе эксплуатации изменилось, характер требований к меженному режиму близок к проектному. Для обеспечения гарантированных судоходных глубин в нижнем бьефе в течение летне-осенней межени необходим пропуск воды в среднем 400 м<sup>3</sup>/с, который осуществляется на практике, и незначительно превышает проектные значения. Фактический объем половодья меньше проектного до 2,5 раз, так как норма естественного стока во второй половине XX в. в этом створе существенно меньше таковой до 1950 гг.. Проектом предусматривалось уменьшение расходов воды в апреле в 2 раза, в мае на 1/3. В реальных условиях сокращение произошло почти в 4 и 2,5 раза соответственно.

Благодаря малой удельной водоносности р.Урал характеризуется повышенной автокоррелированностью. Для зимних месяцев зона относительно высоких значений  $r$  распространяется на западывание до 1,5 лет, а для летней межени составляет несколько месяцев.

Ситуация с различиями между проектным и фактическим зарегулированными режимами для Ириклинского узла во многом напоминает Цимлянский гидроузел. Основные отличия между планируемым и осуществляемым режимами попусков приходится на половодье и зимнюю ме-

жень Фактические расходы воды половодья ниже проектных более чем в 2, в тоже время в феврале - марте выше в 1,5-2 раз Режим расходов воды летне-осенней межени почти полностью соответствует проекту

В режиме колебаний уровня озера Байкал и стока р Ангары, вытекающей из озера, выделяются два периода. Первый – до 1957 г., период естественного режима Второй период – после 1958 г, когда было заполнено Иркутское водохранилище (табл 3). По проекту уровень воды в Байкале должен был подняться примерно на 1 м, но по материалам наблюдений за период 1960-2002 гг. он возрос в среднем на 0,5 м.

Таблица 3 Характеристики элементов водного баланса озера Байкал по периодам

	Полезный приток, км <sup>3</sup> /год		Уровень Байкала, м абс		Сток в р.Ангара, км <sup>3</sup> /год	
	1904-1957	1958-1994	1904-1957	1958-1994	1904-1957	1958-1994
Среднее значение	61,4	60,8	455,6	456,1	61,0	59,5
$\sigma$	11,17	13,53	0,13	0,43	9,30	9,05
$C_v$	0,18	0,22			0,15	0,16
$C_v/C_v$	6,52	2,47			5,23	-0,6
$r$	0,33	-0,13	0,61	0,83	0,71	0,57

Изменился и характер сезонных колебаний уровня Байкала. Внутригодовые колебания уровня озера имеют четкий годовой цикл, который определяется сезонными изменениями соотношения приходной и расходной частей водного баланса За период 1899-1957 гг минимальный внутригодовой уровень воды в 98,3 % приходился на апрель [«Гидроэнергетика и состояние экосистемы », 1999] После зарегулирования (1959-2002 гг) почти в половине случаев минимальный уровень воды приходится на май Максимальные уровни воды с сентября в естественном режиме (80 % случаев) переместились на октябрь в зарегулированном (64 %) Средняя амплитуда изменений уровня озера внутри года с 84 см при естественных условиях после зарегулирования стока увеличилась до 94 см.

На Ангаре эффект многолетнего регулирования проявляется в классическом виде: в многоводные годы объем стока сокращается, а в маловодные растет. В результате регулирования норма стока на Ангарских водохранилищах многолетнего регулирования практически не сокращается, что свойственно водохранилищам транспортно-энергетического назначения (снижение нормы отражает лишь масштаб изъятия вод, а не изменение их режима).

Сток Ангары характеризуется двумя особенностями: озерным регулированием и в основном хозяйственным назначением водохранилищ Совместное действие этих факторов приводит к отсутствию половодья в общепринятом смысле Для естественных условий можно говорить о специфическом сезонном распределении стока: пониженная водность в первую половину года и повышенная во вторую В процессе регулирования сток внутри года почти выравнивается (рис 4). Расходы воды в реке в период до регулирования стока от минимальных значений в апреле медленно возрастали до максимальных значений в сентябре, и также плавно понижались к апрелю. В

результате перераспределения стока его сезонная динамика значительно изменилась. В течение года он в среднем имеет приблизительно одинаковые значения (согласно требованиям гидроэнергетики, в многоводный период происходит аккумуляция вод, и в маловодный – сработка). Как для Иркутского, так и для Братского гидроузла фактический зарегулированный режим соответствует проектному

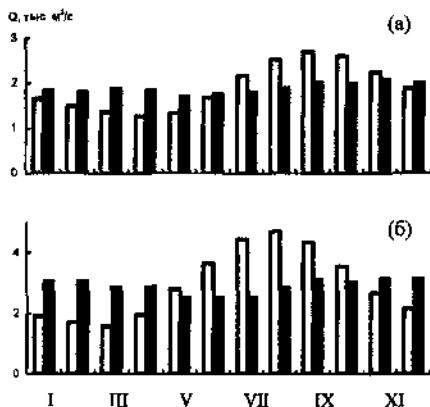


Рис. 4. Гидрографы лет со стоком 50%-ной обеспеченности в створах Иркутского (а) и Братского (б) водохранилищ: естественным режимом стока (I) – светлые столбцы, зарегулированный (IV) – темные.

Характеристики режима годового стока р.Ангары в створах водохранилищ существенных изменений не претерпевают, за исключением отношения  $C_1/C$ . После 1958 г асимметрия стока Ангары имеет отрицательное значение (табл. 3). Появление отрицательной асимметрии в стоке связано с наблюдавшимся в 1970-1980 гг. длительным периодом маловодья. Ангара имеет озерное питание и повышенную автокоррелированность годового стока, которая в результате регулирования водохранилищами в первый период несколько сокращается (с 0,6-0,7 до 0,5-0,6).

Изменчивость стока Ангары до создания Иркутской и Братской ГЭС по сезонам относительно мала, в результате регулирования она увеличивается на десятки процентов в теплое время года. В естественных условиях первого периода отношение  $C_1/C$  велико; в зарегулированных оно существенно снижается в холодное время года и зимой принимает отрицательное значение. Так как в этот момент нет притока вод в озеро и эффективные осадки на его поверхность не оказывают существенного влияния на сток, сокращение и изменение значений  $C_1$  в отрицательную сторону связано с особенностями регулирования стока Ангары.

Автокоррелированность естественного стока Ангары, повышенная благодаря озерному питанию реки, в результате регулирования сокращается на 10-20%. В створе Иркутского гидроузла она несколько больше, поскольку мала доля боковой приточности; очевидно, что ее автокоррелированность должна быть невысокой по сравнению с озерной составляющей стока. В створе Братской ГЭС в связи с увеличением доли боковой приточности автокоррелированность годового стока понижается. Но в обоих створах значимая автокоррелированность сохраняется при запаздываниях до 3 лет.

В связи с тем, что в работе отсутствуют материалы наблюдений за стоком из озера Байкал после создания Иркутской ГЭС, вопрос об изменениях в гидрологическом режиме Ангары в

истоке оставался открытым. Для получения искоемых параметров была применена динамико-стохастическая модель колебания стока озерных рек [Фролов, 1985;1994;2003], описывающая статистические параметры колебаний стока из озера. Физическая основа моделирования многолетних колебаний стока озерной реки – уравнение водного баланса озера

$$\frac{dh(t)}{dt} = [v(t) - q(t)] / F(h) + p(t), \quad (1)$$

где  $h$  – уровень воды в озере;  $F(h)$  – зависимость площади зеркала озера от  $h$ ;  $v(t)$  – речной приток в озеро,  $q(t)$  – сток из озера, функционально зависящий от  $h$ ,  $p(t)$  – эффективные осадки на поверхность озера (разность между слоями осадков и испарения).

Для Байкала средняя величина и дисперсия эффективных осадков малы по сравнению с соответствующими характеристиками притока в озеро, тогда естественно рассматривать в качестве входного процесса суммарное поступление воды в озеро (речной приток+эффективные осадки). В этом случае колебания стока из озера описываются системой уравнений второго порядка. Имеют место следующие соотношения между характеристиками стока из озера и параметрами притока в озеро  $g(t)$  [Фролов, 1984;2003]:

для дисперсий притока  $\sigma_g^2$  и стока  $\sigma_q^2$

$$\sigma_q^2 = \sigma_g^2 \frac{\alpha}{\alpha + \gamma},$$

для коэффициентов асимметрии стока из озера  $C_s^q$  и поступления воды в озеро  $C_s^g$

$$C_s^q = C_s^g \frac{2\alpha^{1/2}(\alpha + \gamma)^{3/2}}{(\alpha + 2\gamma)(2\alpha + \gamma)},$$

для коэффициентов автокорреляции стока из озера  $r_q(1)$  и притока в озеро  $r_g(1)$

$$r_q(1) = \frac{1}{\alpha - \gamma} [\alpha r_g(1) - \gamma \exp(-\alpha)].$$

Байкал имеет крутые скалистые берега, его площадь (31 тыс км<sup>2</sup>) практически не меняется. Статистические параметры для водного баланса озера до зарегулирования стока Ангары Иркутским водохранилищем приведены в таблице 4. Анализ данных таблицы позволяет использовать объединение речного притока и эффективных осадков в один входной процесс. Действительно, среднее значение осадков близко к нулю.

Таблица 4 Статистические характеристики компонентов водного баланса озера Байкал

Элемент баланса	Среднее значение, км <sup>3</sup> /год	$\sigma$ , км <sup>3</sup> /год	$C_v$	$C_s$
Приток	61,4	11,17	0,18	1,17
Эффективные осадки	0,01	-	-	-0,04
Ангара	61,0	9,30	0,15	0,78

Зависимость стока из озера от уровня практически линейная (рис 5) В соответствии с этой зависимостью, параметр инерционности Байкала равен 1,984.

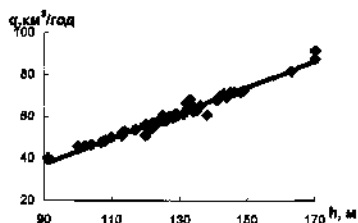


Рис 5. Зависимость объема стока Ангарты в истоке от уровня воды в оз. Байкал (до зарегулирования).

С помощью соотношений между характеристиками стока из озера и параметрами притока в озеро получаем модельные характеристики стока Ангарты (табл. 5). Сравнение с выборочными оценками этих параметров показывает, что совпадение удовлетворительное.

Таблица 5 Статистические характеристики слоя стока Ангарты.

Характеристики	Среднее значение, м/год	$\sigma$ , м/год	$C_v$	$C_u$	$r$
выборочные	1,9	0,9	0,15	0,8	0,70
модельные	1,8	0,8	0,14	0,83	0,63

Используя параметры слоя притока в озеро, охватывающие период 1958-1994 гг., получаем статистические характеристики естественного стока Ангарты (табл. 6).

Таблица 6 Статистические характеристики естественного и зарегулированного стока за период 1958-1994 гг.

	Среднее значение, м/год	$\sigma$ , м/год	$C_v$	$C_u/C_v$	$r$
Модельные характеристики естественного стока	1,9	0,08	0,15	2,93	0,37
Выборочные значения зарегулированного стока	1,9	0,07	0,14	-0,6	0,57

Сравнение полученных модельных характеристик естественного стока и параметров зарегулированного показывает, что норма стока и изменчивость при регулировании остаются на уровне естественных. Различие между режимом зарегулированного стока и естественным за второй период заключается в уменьшении асимметрии стока первого до отрицательных значений. В связи с тем, что за период наблюдений до 1958 г. на Байкале не отмечалось маловодных периодов сравнимых с маловодьем 1974-1981 гг., значение  $C_u$  по модели существенно больше фактического

## Глава 5. Экологические последствия создания водохранилищ на реках

В главе рассматриваются основные экологические последствия создания водохранилищ на исследуемых реках и приводится детальный анализ для р Волги.

Водная экосистема Волжско-Каспийского бассейна представляет собой сложный взаимосвязанный комплекс продуцентов, консументов и редуцентов, а также форм их кормовой базы (фитопланктон, зоопланктон, бентос). Антропогенная деятельность и вторичные последствия антропогенных воздействий коренным образом нарушили природное равновесие исторически сформировавшихся простейших блоков водной экосистемы. Поиск путей модернизации режима эксплуатации водно-ресурсных систем, которые позволят свести к минимуму неблагоприятные экологические последствия все еще актуален. Сложность проблемы обусловлена, с одной стороны, несопадением требований отраслей хозяйства к водному режиму, а с другой – подчас противоположными требованиями к режиму с позиции оптимального функционирования экосистем. Для одних водопользователей эффект попуска может быть достаточно точно оценен по выделяемому объему воды (выработка гидроэнергии, достигаемые судоходные глубины); для других – ориентировочно (эффект воспроизводства тех или иных видов рыб и т.д.) Поэтому необходимо выявить экологические последствия регулирования волжского стока на территории нижнего бьефа. Период эксплуатации нижневолжских водохранилищ уже превышает 50 лет, что открывает возможности относительно достоверного анализа. В первую очередь предстоит оценить характеристики изменения водного режима нижнего бьефа Волгоградской ГЭС.

Для анализа изменений режима стока нижней Волги в результате его зарегулирования сначала нужно «снять» естественный фон, т.е. установить, в какой мере наблюдаемые изменения режима стока после 1960 г. (когда вошел в эксплуатацию основной регулятор – Куйбышевское водохранилище) вызваны именно регулированием, а в какой отражают естественные (природные) колебания стока. С этой целью сопоставлены измеренные значения водности за период до 1953 г. с восстановленными значениями, приведенными к естественным после 1960 г. Кривым обеспеченностей годового стока для указанных периодов (рис. 6) свойственно сходное очертание при несколько повышенной водности второго из рассматриваемых периодов (средний сток возрос с 249 до 267 км<sup>3</sup>/год, или на 7%). Практически весь этот прирост приходится на зиму (декабрь-март), когда водность увеличилась на 40 (с 10,6 до 14,9 км<sup>3</sup>), сток половодья (апрель-июнь) – на 2, а сток летне-осенней межени – на 1%. Сильно изменилось распределение стока внутри весеннего половодья. Примерно с середины XX в. апрельская водность увеличивалась, а июньская сокращалась, особенно в последние десятилетия. Это свидетельствует о все более раннем прохождении половодья. По этой причине ранние сроки половодья после зарегулирования стока не следует полностью связывать с зарегулированием волжского стока.

Представление о характере влияния водохранилищами на режим стока дает рис. 6, на котором приведены кривые обеспеченности естественного и зарегулированного стока Волги. В апреле зарегулированный сток выше, а в июне во всем диапазоне значений он оказался существенно меньше естественного. Налицо отрицательное влияние регулирования стока на длительность по-



ловодья. Зимний (январь) режим свидетельствует об удвоении расходов воды, что обусловлено требованиями выработки гидроэнергии. Летне-осенняя межень в целом сохраняет водность при регулировании.

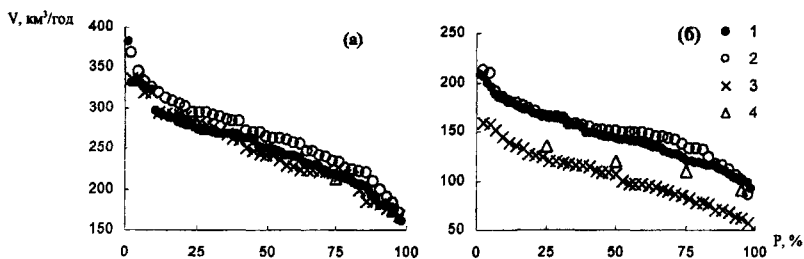


Рис.6. Кривые обеспеченности годовых и половодных объемов стока Волги 1 и 2 – естественный сток за 1881-1953 гг. и 1960-2000 гг. соответственно, 3 – зарегулированный сток за 1960-2000 гг., 4 – предложения КаспНИРХ. а) год, б) половодье (IV-VI)

Поскольку рост естественного стока за последние 40 лет примерно отвечает объему изъятия и потерям вод, кривые обеспеченности годовых значений естественного (до 1953 г.) и современного зарегулированного стока практически совпадают (рис. 6). С ними совпадает и кривая обеспеченности годового стока из отчета КаспНИРХа «Разработка методов и средств оптимального управления водными ресурсами и мероприятия по улучшению экологического состояния водных объектов и обеспечения устойчивого развития региона». Это облегчает анализ требований КаспНИРХ к рыбохозяйственным попускам. На рис. 7 сопоставлены гидрографы половодья для нескольких характерных лет (обеспеченностью годового стока 25, 52, 76 и 95 %) с заявленными КаспНИРХ. В целом зарегулированное половодье существенно ниже естественного: на пике и в начале спада это различие достигает 10-15 тыс. м<sup>3</sup>/с. В зарегулированных условиях подъем половодья в многоводные годы характеризуется более ранним подъемом воды (в интересах сельского хозяйства), в средние и маловодные годы оно начинается несколько позднее. Вся волна половодья становится короче на 2-3 декады.

При сопоставлении зарегулированного режима стока Волги с заявленными КаспНИРХ объемами воды отклонения от последней нарастают с уменьшением водности года (рис. 7): все сильнее проявляется сокращение длительности половодья и периода стояния высоких вод.

Основные различия между естественным, зарегулированным и востребованным рыбохозяйственными организациями стоком приходятся на половодье и на период зимних попусков воды. Для периода половодья (апрель-июнь) характерно некоторое увеличение стока после 1960 г. Однако зарегулированный сток половодья всегда ниже естественного примерно на 40 км<sup>3</sup>/год, из которых приблизительно половина приходится на изъятия и потери стока. Рыбохозяйственные

требования к стоку выше фактически осуществляемых половодных попусков от 10-15 км<sup>3</sup> в многоводные годы до 20-25 км<sup>3</sup> в маловодные (рис 7).

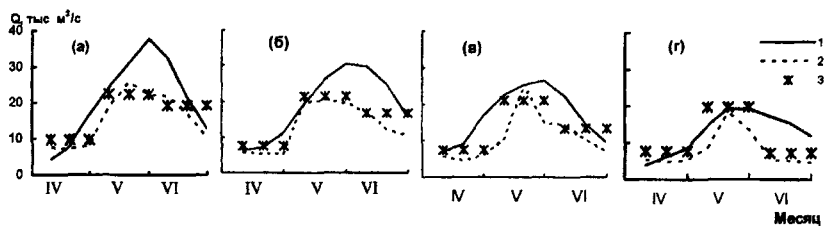


Рис 7 Трансформация гидрографа при регулировании стока Волги у Волгограда обеспеченностью  $p=26, 52, 76$  и  $95\%$  (а-г соответственно) 1 – естественный режим, 2 – зарегулированный, 3 – заявка КаспНИРХа.

Биоресурсы Каспийского моря формируются под воздействием многих факторов: объема и качества пресноводного притока, у. м., условий естественного воспроизводства, масштабов и эффективности искусственного рыбозаведения, кормовой продуктивности, интенсивного промыслового изъятия и браконьерства, токсикологической ситуации в водоеме. Поэтому обоснование объема и режима рыбохозяйственных попусков, в известной мере, сложнее, чем обоснование попусков сельскохозяйственных. Дело в том, что имеющиеся данные о биологической продуктивности в том или ином году применительно к растительным сообществам определяются условиями только этого года. Воспроизводство рыбного стада поддается оценке гораздо менее достоверно. Во-первых, траление дает возможность определить лишь общее число сеголеток, появившихся на свет в результате естественного нереста, так и вследствие искусственного воспроизводства. Во-вторых, может сильно варьировать число рыб-производителей, идущих на нерест, которое скорее связано с условиями воспроизводства прошлых лет, чем с режимом рыбохозяйственного попуска данного года. В-третьих, само траление далеко не точный критерий эффективности нереста [«Экология молоди и проблемы...», 2001].

Зарегулирование Волги водохранилищами и некоторое сокращение стока в результате затрат воды на орошение, водоснабжение и испарение с поверхности водохранилищ существенно нарушили естественный гидрологический режим, а следовательно и условия функционирования водных экосистем. Прежде всего был закрыт доступ рыб-производителей к части нерестилищ из-за перекрытия путей нереста; вследствие этого площадь нерестилищ сократилась (для разных видов в различной степени).

При поиске оптимальных путей сосуществования тяготеющей к Волге экономики и сложившихся водных и околотовных экосистем нужно внимательно рассмотреть особенности воспроизводства и нагула рыбного стада Волги. Можно считать установленным, что благоприятные сочетания природных условий нереста практически по каждому виду рыб встречаются в среднем 1 раз в 3-4 года. В периоды между такими годами промысел живет “зарядкой”, происходившей в эти

годы. Поэтому не обязательно стремиться к ежегодному обеспечению благоприятных нерестовых условий. При такой стратегии все отрасли, в том числе рыбная, будут ограничиваться тоже ежегодно. Нерест у разных видов рыб и разных рас одного вида рассредоточен чуть ли не на весь год. Анализ материалов, опубликованных КаспНИРХ [«Научные основы устойчивого рыбоводства», 1998; «Экология молодежи», 2001], показывает слабую корреляционную связь водности половодья с эффектом нереста, во многих случаях она лежит на границе статистической значимости. Даже в коротких рядах наблюдений фиксируются годы малой водности при высоком промышленном

зависимости урожайности воблы и леща от стока половодья приведены на рис. 8, здесь нанесены данные для периода до зарегулирования стока (29 лет) и для периода попусков (1961-1968 гг.) [«Научные проблемы повышения биологической продуктивности...», 1971]. Можно констатировать следующее: и для воблы, и для леща при очень малом (<90-100 км<sup>3</sup>) и, при очень большом (>180-200 км<sup>3</sup>) стоке половодья урожайность (средние уловы молодежи на 1 час траления мальковым тралом) относительно мала и слабо зависит от водности. Для промежуточных значений водности она может изменяться в очень широких пределах: от тех же малых значений до относительно больших, превышающих указанные в несколько десятков раз. Общий характер рассматриваемых зависимостей сохраняется и для периода осуществления попусков.

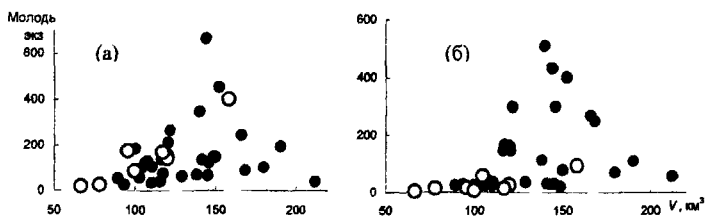


Рис. 8 Связь стока половодья Волги с количеством молодежи воблы (а) и леща (б) за 1 ч траления (данные, полученные в марте-апреле 1931-1968 гг.). Темные точки – годы допускового периода, светлые – годы попусков

На рис. 9 приведены зависимости урожайности молодежи леща и воблы для 1975-1998 гг. Из них следует, что урожайность в общем растет с водностью половодья. Однако рис. 9 не позволяет сделать вывод об использовании в качестве ведущего критерия обводнения нерестилищ – сток второго квартала; и называть оптимальной водностью половодья 120-130 км<sup>3</sup>. Можно предположить, что сток половодья, оптимальный для нереста, находится в гораздо более широком диапазоне значений. Во всяком случае, как и в естественных условиях [Катунин и др., 1971], влияние объемов стока на эффективность нереста не является определяющим.

На рис. 10 приведена зависимость между половодным стоком и числом личинок севрюги *N.* Восходящий характер зависимости в общем просматривается, однако при очень большом разбросе данных: при одном и том же половодном стоке число личинок может различаться до 4 раз. На показатели нереста влияет еще много других факторов, что видно из характера зависимостей

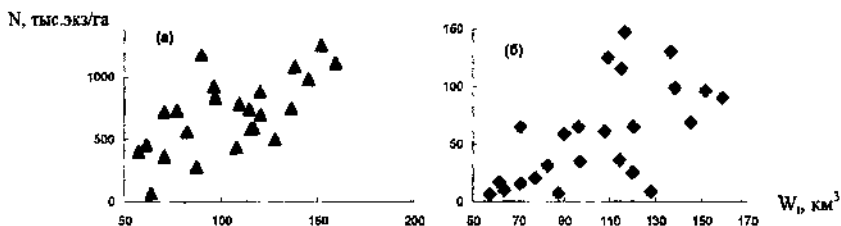


Рис 9 Изменение численности молоди воблы (▲) и леща (◆) на нерестилищах дельты Волги за период 1975-1998 гг. в зависимости от стока половодья.

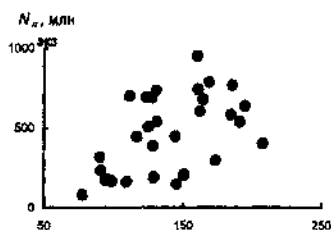


Рис 10. Промысловый возврат осетрови  $N_{с}$  в годы различной водности Волги с зависимости от стока за апрель-август

Разные авторы используют несовпадающие показатели урожайности (разные показатели траления, промвозврат и др.) Имея в виду сопоставление всех этих данных, они приведены к относительным результатам (имеется в виду зависимость урожайности от речного стока). По полупроходным видам рыб результаты приведены на рис 11а (обширный материал, относящийся к двум периодам времени и к двум видам рыб (вобле и лещу)) Характер обсуждаемых зависимостей практически одинаков При одном и том же объеме половодья разброс данных огромен: малые значения урожайности относятся к годам с паводковым стоком 100-180 км<sup>3</sup>. Для интервала между этими значениями стока биопродуктивность (объемы траления) различается в десятки раз. Вероятно, этого и следовало ожидать для полупроходных рыб: при очень малых величинах стока затопление пойменных нерестилищ незначительно, а при больших возможны смыв икры или занесение кладки наносами.

Если все же пытаться выделить зону половодья, которой свойственна повышенная эффективность траления, в какой то мере можно говорить об интервалах паводкового стока 100-160 км<sup>3</sup>.

Аналогичное совмещение данных по осетровым (рис. 11б) дает столь же большой разброс данных Все виды осетровых характеризуются примерно одинаковой продуктивностью в годы самой разной водности (60-160 км<sup>3</sup> в апреле-июне).

Таким образом, воспроизводство всех видов рыб зависит от большого числа факторов, и поэтому его условия нельзя сводить к срокам и объему нерестового попуска воды. При прочих равных условиях влияние величины нерестового попуска не является решающим, а при фиксированных параметрах попуска эффект воспроизводства может варьировать в широких пределах.

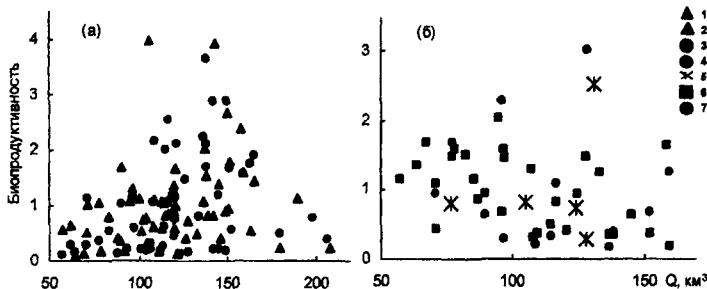


Рис 11 Относительная биопродуктивность карповых (а) и осетровых (б) в условных единицах 1 – вобла (1931-1968 гг.), 2 – вобла (1975-1998 гг.), 3 – лещ (1931-1968 гг.), 4 – лещ (1975-1998 гг.), 5 – белуга (1979-1995 гг.), 6 – севрюга (1968-1995 гг.), 7 – осетр (1981-1995 гг.).

Следовательно, поддержание необходимого уровня воспроизводства не требует ежегодно фиксированного высокого объема попуска воды. Вероятно, распространенное в кругах ихтиологов мнение о желательности ежегодного осуществления нерестовых попусков воды 120-130 км<sup>3</sup> в апреле – июне необоснованно. Такие попуски необходимы в средние по водности и многоводные годы. Учитывая, что один высокоурожайный год обеспечивает благополучие нескольких следующих за ним лет, нет оснований ограничивать в интересах рыбного хозяйства водопользование других отраслей в особо маловодные годы (если только они не следуют один за другим, что случается редко).

Полезно объединить выводы специалистов, занимающихся исследованием конкретных видов рыб, чтобы прийти к обоснованным выводам о желательном попуске в годовом разрезе, для всего промыслового рыбного стада, оценить обязательную повторяемость «благоприятных» условий 1 раз в 3 или 4 года и считать эти условия обязательными к выполнению независимо от неблагоприятных последствий для экономики.

### Заключение

Результаты исследования позволили установить характер изменений режима речного стока под влиянием регулирования на реках в рассматриваемых створах.

Получены следующие выводы.

1. Установлено, что в створах рассматриваемых водохранилищ (кроме ангарских) фактический режим их эксплуатации не вполне соответствует проектному.
2. В результате создания Иркутской ГЭС уровень воды оз Байкал в среднем поднялся на 0,5 м, а не на 1 м, как предполагалось проектом; регулирование стока увеличило амплитуду внутригодовых колебаний уровня воды озера, а также сдвинуло прохождение минимума и максимума в режим уровней воды на более поздние сроки (от 0,5 до 1 месяца). Регулирование стока р.Ангара выравнивает сток внутри года в соответствии с основным назначением ангарских водохранилищ. Автокоррелированность стока до и под влиянием регулирования высока.

- 3 В работе рассмотрена проблема моделирования многолетних колебаний стока озерных рек Установлено, что использование модели на основе корреляционной теории негауссовых случайных процессов дает удовлетворительное совпадение с выборочными оценками натуральных данных стока р Ангары в истоке Применение данной модели на практике позволило рассчитать статистические параметры естественного стока Ангары после создания Иркутского водохранилища и оценить изменения режима речного стока при регулировании.
- 4 В процессе исследования гидрологического режима в нижнем бьефе Волгоградской ГЭС установлено, что ранние стоки половодья после зарегулирования обусловлены не только с деятельностью водохранилища, но и с изменениями в естественном режиме стока за этот период Регулирование сокращает длительность половодья на 2-3 декады
- 5 Проведен анализ влияния попускового режима на эффективность нереста проходных и полупроходных видов рыб В условиях регулирования воспроизводство рыбного стада до 6 раз ниже, чем в естественных Показано, что влияние величины нерестового попуска не является решающим, а при его фиксированных параметрах эффект воспроизводства может варьироваться в широких пределах Следовательно, поддержание необходимого уровня воспроизводства не требует ежегодного фиксированного высокого объема половодного попуска воды
- 6 Выявлено, что благоприятные сочетания природных условий нереста по рассматриваемым в работе видам рыб встречаются 1 раз в 3-4 года В периоды между такими годами промысел живет «зарядкой» от них Оптимальной водностью половодья для этих условий можно считать объем 100-160 км<sup>3</sup>  
В дальнейшем полезно объединить выводы специалистов, занимающихся исследованием конкретных видов рыб, чтобы прийти к обоснованным выводам о желательном попуске в годовом разрезе, для всего промыслового рыбного стада, оценить обязательную повторяемость «благоприятных» условий и считать эти условия обязательными к выполнению независимо от неблагоприятных последствий для экономики.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Выручалкина Т Ю Байкал и Ангара до и после создания водохранилищ// Водные ресурсы, М. Наука. 2004, Т 31, № 5, С 526-532
2. Выручалкина Т.Ю., Соломонова И В. Вероятностные закономерности колебаний зарегулированного речного стока// Тр конф «Современные проблемы стохастической гидрологии». М., 2000. – С. 134-139.
3. Раткович Д Я, Выручалкина Т.Ю , Соломонова И В Изменение режима колебаний речного стока при его регулировании// Водные ресурсы, М : Наука. 2003, Т. 30, № 2, С. 133-141
4. Раткович Д Я., Выручалкина Т Ю., Соломонова И В. О нерестовых попусках воды в нижний бьеф Волгоградской ГЭС// Водные ресурсы, М · Наука 2003, Т 30, № 4, С 426-442
5. Фролов А.В , Выручалкина Т Ю , Соломонова И В Динамико-стохастическое моделирование стока озерных рек// Водные ресурсы, М.: Наука. 2003. Т 30 № 6. С. 682-687

Подписано к печати 19.01.2005г.  
Формат 60х90 1/48 объем 1 пл.  
Тираж 90 экз. Заказ № 12  
Отпечатано ООО "НОВО-ПРЕСС"  
107078, Москва, Орликов пер., д.6

**В-1740**

РНБ Русский фонд

2006-4

3216