

Российская академия наук  
Институт водных проблем

Федеральная служба по гидрометеорологии  
и мониторингу окружающей среды  
Государственный гидрологический институт  
Федеральное агентство водных ресурсов МПРиЭ



*Анатолий Вадимович Рождественский*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ГИДРОЛОГИИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА**

**Труды Всероссийской научной конференции,  
посвященной памяти выдающегося ученого-гидролога,  
профессора А.В. Рождественского  
Москва, 10–12 апреля 2012 г.**

**Москва 2012**

Российская академия наук

Институт водных проблем

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу  
окружающей среды

Государственный гидрологический институт

Федеральное агентство водных ресурсов МПРиЭ

# **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ГИДРОЛОГИИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА**

**Труды Всероссийской научной конференции,  
посвященной памяти выдающегося ученого-гидролога,  
профессора А.В.Рождественского**

**Москва, 10-12 апреля 2012 г.**

Председатель оргкомитета конференции:

**Член-корреспондент РАН Данилов-Данильян В.И.**

Заместители председателя оргкомитета

**д.т.н. Болгов М.В.**

**д.г.н. Георгиевский В.Ю.**

Члены оргкомитета:

**д.т.н. Александровский А.Ю.**

**д.т.н. Асарин А.Е.**

**д.т.н. Веницианов Е.В.**

**д.г.н. Лепихин А.П.**

**к.т.н. Лобанова А.Г.**

В сборник включены материалы Всероссийской научной конференции «Современные проблемы стохастической гидрологии и регулирования стока», организованной Институтом водных проблем Российской академии наук в Москве 10-12 апреля 2012 года

Доклады распределены по 5 секциям:

- 1. Стохастические методы в гидрологии**
- 2. Стохастические модели качества вод**
- 3. Управление водохозяйственными системами**
- 4. Региональные гидрологические проблемы и задачи**
- 5. Учет климатических изменений в гидрологических расчетах**

**ISBN 978-5-85941-438-3**

Ответственный редактор – д.т.н. Болгов М.В.

|  |    |
|--|----|
| <b>Предисловие</b>   | 11 |
| <b>СЕКЦИЯ 1. Стохастические методы в гидрологии</b>  | 13 |
| <i>Болгов М.В.</i><br>Современное состояние теории корреляции для гидрологических расчетов и моделирования   | 15 |
| <i>Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А.</i><br>О целесообразности использования $L_1$ -подхода при применении методов математической статистики в гидрологии  | 34 |
| <i>Гавриков С. А.</i><br>Районирование сложных по природным условиям территорий для определения коэффициентов асимметрии и автокорреляции характеристик речного стока                                | 44 |
| <i>Гопченко Е.Д., Овчарук В.А., Романчук М.Е.</i><br>Опыт использования операторных моделей для расчета максимального стока рек  | 50 |
| <i>Гопченко Е.Д., Овчарук В.А., Шакирзанова Ж.Р.</i><br>Об устойчивости расчетных параметров максимального стока весеннего половодья рек Правобережного Полесья в современных климатических условиях | 59 |
| <i>Долгонос Б.М., Корчагин К.А., Кирпичникова Н.В.</i> Спектры колебаний расходов речной воды  | 69 |
| <i>Журавлев С.А.</i><br>Применение детерминированно-стохастического моделирования для определения координат кривых распределения стока (на примере р. Паши)  | 81 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Бекбаев Р.К.</b><br>Интегрированное управление водными ресурсами на ирригационных системах  | 229 |
| <b>Гопченко Е.Д., Шакирзанова Ж.Р., Медведева Ю.С., Гриб О.Н.</b><br>Управление водным режимом закрытых лиманов северо-западной части Черного моря (на примере Хаджибейского и Куяльницкого лиманов)       | 237 |
| <b>Григорьева И.Л.</b><br>Рекреационное водопользование как полноправный участник водохозяйственного комплекса   | 247 |
| <b>Дёмин А.П.</b><br>Научные проблемы оценки перспективного водопотребления и антропогенного воздействия на водные ресурсы   | 253 |
| <b>Иванько Я.М.</b><br>Оптимизация производства продовольственной продукции в условиях проявления гидрологических событий  | 262 |
| <b>Левит-Гуревич Л.К.</b><br>Выбор перегораживающих сооружений в низовьях и дельтах рек  | 268 |
| <b>Мезенцева О.В.</b><br>Тенденции многолетней динамики характеристик естественной тепловлагообеспеченности и местоположения зоны оптимальных гидролого-климатических условий аграрного природопользования | 280 |
| <b>Сотникова Л.Ф.</b><br>Определение характеристик экстремального стока для задач управления водными ресурсами   | 287 |
| <b>СЕКЦИЯ 4. Региональные гидрологические проблемы и задачи</b>  | 297 |
| <b>Алексеев В.Р., Бояринцев Е.Л., Добыши В.Н.</b><br>Многолетняя динамика размеров Анмангындинской наледи в условиях изменений климата   | 298 |

# РЕКРЕАЦИОННОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ КАК ПОЛНОПРАВНЫЙ УЧАСТНИК ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

И. Л. Григорьева

Институт водных проблем РАН, Москва, Россия, [Irina.Grigorieva@list.ru](mailto:Irina.Grigorieva@list.ru)

На примере Иваньковского водохранилища показано, что в настоящее время рекреация является полноправным участником водохозяйственного комплекса. Оценены масштабы рекреационного освоения водоема и влияние различных видов отдыха на качество воды.

В качестве водохозяйственного комплекса (ВКХ) по [6] следует рассматривать гидроузел и водохранилище со всеми, в том числе и сопутствующими, инженерными сооружениями, созданными для оптимального использования водных ресурсов основными водопользователями и водопотребителями. Рекреация, с одной стороны, – водопотребитель (водоснабжение домов и зон отдыха), а с другой стороны, – водопользователь (в процессе рекреационной деятельности на водоеме).

Под рекреационным водопользованием рядом авторов понимается деятельность населения, связанная с осуществлением различных видов рекреационных занятий (отдыха, спорта, туризма) на акватории и побережье водоемов, которая оказывает прямое или косвенное (опосредованное) воздействие на качество воды и экосистемы водных объектов [1, 3, 4]. Следует отметить, что в рекреационное водопользование вовлекаются и акватории, и побережья водных объектов, так как при развитии рекреации используются как береговые зоны, так и аквальные комплексы, причем зачастую рекреационные нагрузки на побережья значительно выше нагрузок на акваторию.

Рекреация, с одной стороны, предъявляет жесткие требования к гидрологическому и гидрохимическому режиму водохранилищ, а с другой – оказывает негативное влияние на них.

Воздействие рекреации на водные объекты может осуществляться как прямым путем (утечка нефтепродуктов, смыв загрязнений с тела, прикормка при рыболовстве, отбросы и отходы), так и косвенным (вторичное загрязнение при взмучивании донных отложений, поступление загрязнений с рекреационных территорий как с поверхностным, так и с подземным стоком и т.д.).

Рекреационное водопользование объединяет многие виды отдыха, различающиеся сезонами максимальных нагрузок, интенсивностью использования природных комплексов, путями, характером и объемами загрязнений, поступающих в водоемы [1]. Исходя из этого, методически более правильно – оценивать влияние не рекреации в целом, а отдельных ее видов на береговые и аквальные комплексы водоема.

При исследовании влияния рекреационного водопользования на экологическое состояние и качество воды водных объектов следует выделять две категории отдыха: организованный и неорганизованный (самодеятельный), которые существенно отличаются друг от друга [2, 3–5].

При организованном отдыхе происходит равномерное распределение рекреационных нагрузок в течение года или сезона и по территории, в то время

как при самостоятельном отдыхе распределение нагрузок во времени носит случайный (стихийный) характер и приурочено к конкретным участкам береговой зоны. При организованном отдыхе, в отличие от неорганизованного, планируются оптимальное размещение и размеры функциональных зон. При неорганизованном отдыхе отсутствуют элементы обустройства рекреационных территорий, а при организованном – они предусматриваются уже на стадии проекта.

Все виды рекреационного природопользования значительно различаются по характеру и интенсивности воздействия на береговые и водные экосистемы. Однако по основным последствиям для береговой зоны и акватории их можно объединить в две группы: виды отдыха с преимущественным использованием территории и с преимущественным использованием акватории.

К первой группе относится организованный отдых в учреждениях отдыха, стационарный и неорганизованный пеший туризм, пикники, осмотр местности, отдых с использованием автотранспорта и т.п. Во вторую группу входят купание, отдых с использованием маломерного моторного флота, байдарок и яхт, рыболовство, подводное плавание, виндсерфинг и т.д.

В силу перечисленных причин наибольшего внимания заслуживают территории неорганизованного отдыха. Важно также отметить, что все виды отдыха у воды и на воде тесно взаимосвязаны и представляют собой смену рекреационных занятий в течение дня [5].

Многолетние натурные исследования ряда авторов [3–6] показали, что наиболее сильное воздействие на береговые и аквальные комплексы водных объектов оказывают такие виды отдыха, как стационарный самостоятельный туризм, отдых с использованием автотранспорта и маломерных моторных судов, купание и рыболовство.

Анализ литературных данных [1–9] и многолетние исследования автора на Иваньковском водохранилище позволили оценить масштабы рекреационного освоения водоема и вклад отдельных видов отдыха в формирование качества воды водоема.

Иваньковское водохранилище – крупный водоем руслового типа и комплексного назначения, расположенный в 130 км к северо-западу от г. Москвы, в основном в пределах Конаковского района Тверской области. Создано водохранилище в 1937 г. Мелководья с глубинами до 2 м занимают 48% водной площади водоема [2]. Площадь водосборного бассейна составляет 41000 км, в ее пределах находятся 17 административных районов, 18 городов [4]. Основные морфометрические характеристики водохранилища представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Морфометрические характеристики Иваньковского водохранилища при НПУ

| Характеристика                           | Значение |
|--|----------|
| Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup> | 327      |
| Объем полный, км <sup>3</sup>            | 1.12     |
| Средняя глубина, м                       | 3.4      |
| Длина, км                                | 120      |
| Наибольшая ширина, км                    | 8.0      |

В настоящее время водохранилище используется для водоснабжения г. Москвы, выработки электроэнергии на Иваньковской ГЭС, охлаждения турбин Конаковской ГРЭС, судоходства, рыболовства и рекреации. Массовое

рекреационное освоение водоема началось в 1970-ые гг. и в дальнейшем только усиливалось.

Средний многолетний баланс Иваньковского водохранилища представлен в табл. 2.

**Таблица 2.** Средний многолетний баланс Иваньковского водохранилища за 1951–1990 гг. по [10]

| Составляющие баланса |               |               |                   |                    |              |               |                   |
|----------------------|---------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------|---------------|-------------------|
| приход               |               |               |                   | расход             |              |               |                   |
| приток               | осадки        | сумма         | пределы изменения | сток               | испарение    | сумма         | пределы изменения |
| 10,07/<br>98,1       | 0,190/<br>1,9 | 10,26/<br>100 | 4,94-17,90        | 10,09<br>/<br>98,3 | 0,17/<br>1,7 | 10,26/<br>100 | 5,22-17,12        |

*Примечание.* Над чертой – км<sup>3</sup>, под чертой – %.

Значительное рекреационное водопользование на Иваньковском водохранилище объясняется несколькими причинами, в первую очередь:

1. живописной природой и обширными водными пространствами как самого водохранилища, так и его притоков;
2. хорошей транспортной доступностью и близостью к такому крупному мегаполису, как Москва;
3. развитой инфраструктурой, особенно на правобережье;
4. удовлетворительным экологическим состоянием региона.

Из 183 км береговой зоны Иваньковского водохранилища только 65% пригодны для рекреационного водопользования. Из них 29% пригодны для отдыха с использованием акватории и побережья, и 36% – для отдыха с использованием только акватории. Более 35% береговой линии водохранилища непригодны для рекреационного использования вследствие антропогенного фактора и природных условий [1]. Благоприятные для рекреационного использования участки испытывают довольно значительные антропогенные нагрузки, что приводит к развитию рекреационной дигрессии береговых и аквальных комплексов водохранилища.

На Иваньковском водохранилище и его берегах широко развит организованный и неорганизованный отдых, такие его виды, как купание, любительское рыболовство (особенно в зимний период), отдых с использованием маломерных судов (моторные лодки, катера, яхты, байдарки) и автотранспорта, сбор грибов, ягод и растительного сырья (лечебные травы), лыжные и велосипедные прогулки и походы и т.д.

Исходя из того, что номерной фонд средств размещения Конаковского района, большинство из которых находится на берегу Иваньковского водохранилища, составляет около 2783 койко-мест [8], полная нагрузка на Иваньковское водохранилище от организованного отдыха за год может составить около 1000000 чел/дней, что сопоставимо с данными предыдущих исследований [2, 4]. Таким образом, в последние 30 лет количество организованных отдыхающих на Иваньковском водохранилище остается практически на одном уровне.

Поступление сточных вод в водохранилище за год от одного комплекса отдыха, как, например, КО «Завидово», номерной фонд которого составляет 300



человек, сопоставимо с поступлением сточных вод от одного крупного поселка с населением порядка 1500 человек (пос. Радченко, д. Дмитрова гора) (табл. 3).

**Таблица 3.** Сброс сточных вод в Ивановское водохранилище (Конаковский район) за 2006 г.

| № п/п | Предприятие   | Сброс, тыс. м <sup>3</sup> | Эффективность очистки |
|-------|---|----------------------------|-----------------------|
| 1     | ОАО «Конаковская ГРЭС»                                  | 1529                       | 2 - эффект            |
| 2     | ФГУП «НИИ прикладной акустики»                          | 2                          | не эффект             |
| 3     | Госкомплекс «Завидово»                                  | 475                        | эффект                |
| 4     | ОАО «ЖКХ Ручьи»   | 37                         | не эффект             |
| 5     | Филиал ФГУП «Конаковский завод товарного осетроводства» | 17519                      | эффект                |
| 6     | НИО-14 филиала ФГУП «ЦАГИ»                              | 12                         | эффект                |
| 7     | ООО «ЖКХ Изоплит»                                       | 298                        | не эффект             |
| 8     | ОАО «МНИИРЭ Альтаир» НИБ «Большая Волга»                | 4                          | не эффект             |
| 9     | МУП «Водоканал» г. Конаково                             | 4263                       | не эффект             |
| 10    | ЗАО «Конаковский фаянсовый завод»                       | 145                        | не эффект             |
| 11    | КО «Завидово»   | 103                        | не эффект             |
| 12    | ОАО ЖКХ «Радченко»                                      | 199                        | эффект                |
| 13    | ЖКХ «Дмитрова Гора»                                     | 190                        | не эффект             |
| 14    | ОАО «Редкинский опытный завод»                          | 147                        | не эффект             |
| 15    | ОАО ЖКХ «Новозавидовский» пос. Нодозавидово             | 936                        | эффект                |
| 16    | ОАО ЖКХ «Новозавидово» уч. Козлово                      | 276                        | не эффект             |
| 17    | ОАО ЖКХ «Редкино»                                       | 1225                       | не эффект             |
| 18    | СПК «Птицефабрика «Завидовская»                         | 297                        | не эффект             |

Купание, как массовый вид отдыха, вносит свой вклад в микробиологическое, биогенное и вторичное загрязнение водоема. Так, по [7] человек в течение 10-минутного купания вносит в воду свыше 3 млрд сапрофитных бактерий и от 100 тыс. до 20 млн кишечных палочек. Кроме микробного загрязнения, каждый купающийся вносит в водоем в среднем 75 мг общего фосфора и 695 мг общего азота [9]. Исходя из этого в летний сезон 2011 г. при нагрузке на городской пляж г. Конаково в 200 тысяч чел/дней привнос веществ в водохранилище составил: по азоту — 140 кг, по фосфору — 15 кг. Предыдущие исследования [5] показали, что максимальные поступления общего азота и фосфора не превышают 900 и 100 кг соответственно, что соизмеримо с поступлением этих веществ в водохранилище с очищенными сточными водами г. Твери за 3 часа. Можно констатировать, что влияние купания на водоем кратковременно, локально и незначительно, но поскольку Ивановское водохранилище имеет статус эвтровного водоема, то любое дополнительное внесение биогенов негативно сказывается на его геоэкологическом состоянии.

В ходе натурных исследований автором было установлено, что под воздействием массового купания в мелководных зонах водохранилища, по сравнению с русловой частью, наблюдается увеличение концентраций сульфатов, аммонийного иона, нитратов и нитритов, общего фосфора, БПК<sub>5</sub>.

Отрицательное влияние рыбалки выражается в поступлении в Иваньковское водохранилище различных загрязняющих веществ (продукты жизнедеятельности, мусор, прикормка). В целом, за год объемы поступления могут составить до 34 т взвешенных веществ (что составляет 19% от поступлений со сточными водами от всех очистных сооружений Конаковского района, табл. 4); 5 т хлоридов (примерно 1% от сточных вод); 2 т фосфатов (7.4%) и 5 т азота аммонийных солей (34% от поступлений со сточными водами).

**Таблица 4.** Количество загрязняющих веществ, т, поступивших со сточными водами предприятий и ЖКХ Конаковского района в Иваньковское водохранилище в 2008 г.

| Показатель          | Значение |
|---------------------|----------|
| Сухой остаток       | 4777     |
| Взвешенные вещества | 177      |
| Нефтепродукты       | 1        |
| Сульфаты            | 493      |
| Хлориды             | 513      |
| Азот аммонийный     | 14,7     |
| Нитрат-ион          | 855,5    |
| Нитрит-ион          | 3,15     |
| Фосфаты             | 27       |

Маломерный флот служит одним из источников загрязнения водоемов нефтепродуктами и канцерогенными веществами, в частности бенз(а)пиреном. Расчеты, проведенные для Иваньковского водохранилища, показали, что от использования подвесных лодочных моторов за сезон в водохранилище поступает 3,5–5,9 т нефтепродуктов [3], что в несколько раз выше, чем поступает в водоем со сточными водами (табл. 4).

Для Иваньковского водохранилища характерно развитие отдыха с использованием автотранспорта, благодаря которому в мелководную зону водоема поступают нефтепродукты, органические вещества, продукты жизнедеятельности. Наши исследования показали, что по сравнению с концом прошлого века в настоящее время в выходные дни значительно уменьшилось количество отдыхающих на личном автотранспорте. Это может быть связано, прежде всего, с тем, что на побережье Иваньковского водохранилища осталось незначительное количество свободных от застройки территорий и от того, что количество неорганизованных отдыхающих, в целом, снизилось и составляет по нашим подсчетам не выше 1,5 млн человек, тогда как в 1980-е гг. оно было порядка 2,5 млн человек [4].

Из всего вышесказанного следует, что суммарная нагрузка на Иваньковское водохранилище с учетом организованного и неорганизованного отдыха составляет порядка 2,5 млн чел/дней при численности проживающего на его берегах населения не более 520 тыс. человек включая города Тверь, Конаково и Дубна.

Влияние многих видов отдыха, таких как рыболовство, отдых с использованием маломерного флота и неорганизованный туризм, на качество воды водохранилища весьма значительно.

Не до конца изученным остается вопрос влияния индивидуальной частной застройки на качество воды водохранилища.

Исходя из масштабов рекреационного освоения Ивановского водохранилища и оценочных расчетов влияния отдельных видов отдыха на качество воды, можно заключить, что рекреация является полноправным участником водохозяйственного комплекса, интересы которой в настоящее время недостаточно учитываются.

Литературные данные [1, 3, 4, 6], собственные исследования на других водохранилищах показывают, что значительное рекреационное освоение свойственно и другим водохранилищам, особенно – расположенным в одно-трехчасовой транспортной доступности от крупных городов. Для этих водохранилищ характерны те же проблемы, вызванные негативным влиянием рекреации, что и для Ивановского.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян А.Б., Бойченко В.К., Салтанкин В.П. Рекреационное использование водных объектов Московской области (состояние, проблемы, перспективы) // Водные ресурсы. 1983. № 4. С.125–133.
2. Григорьева И.Л., Ланцова И.В., Тулякова Г.В. Геоэкология Ивановского водохранилища и его водосбора. Конаково, 2000. 248 с.
3. Ланцова И.В. Рекреационное водопользование как фактор формирования качества воды // Вода: Химия и экология. 2009. № 2. С. 2–7.
4. Ланцова И.В., Григорьева И.Л., Тихомиров О.А. Водохранилища как объект рекреационного использования // Тверь: Тверской гос. ун-т, 2004. 160 с.
5. Ланцова И.В., Григорьева И.Л., Тихомиров О.А. Геоэкологические проблемы рекреационного использования Ивановского водохранилища // Водные ресурсы. 2005. Т. 32. № 1. С. 115–122.
6. Рекреационное использование водохранилищ. Проблемы и решения. М.: Наука, 1990. 152 с.
7. Соловьева Т.А. Купание как причина загрязнения воды // Гигиена и санитария, 1953. № 3. С. 55–58.
8. Цыцук Г.Ю. Исследование туристских ресурсов с целью формирования муниципальной долгосрочной целевой программы развития туризма // Сборник научных трудов II Межрегиональной научно-практической конференции «Стратегии развития туристского комплекса региона». 24 ноября 2011 г. Конаково. С. 88–98.
9. Шамардина И.П. Борьба с антропогенным эвтрофированием водоемов // Итоги науки и техники. М., 1975. Т. 2. С. 100–126.
10. Экологические проблемы Верхней Волги: Коллективная монография. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001. 427 с.