

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОД СУШИ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

УДК 627.81

### ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2005 г. И. В. Ланцова\*, И. Л. Григорьева\*\*, О. А. Тихомиров\*\*\*

\*Закрытое акционерное общество "Аудит Консалт"  
141400 Химки, ул. Ленинградская, 29

\*\*Институт водных проблем Российской академии наук  
119991 Москва ГСП-1, ул. Губкина, 3

\*\*\*Тверской государственный университет  
170002 Тверь, просп. Чайковского, 70а

Поступила в редакцию 09.04.2003 г.

Рассмотрены методические принципы рекреационного исследования водохранилищ. На примере Иваньковского водохранилища показано влияние основных видов рекреационного водопользования на качество воды.

Все возрастающее в последние годы развитие рекреации на водохранилищах требует особого подхода к сохранению качества окружающей среды, а также постановки и решения следующих конкретных задач:

определения и оценки специфики экосистемы водосбор–водоем как объекта рекреационного природопользования;

оценки природных условий и компонентов ландшафта для отдельных видов отдыха;

определения интенсивности и характера влияния отдельных видов отдыха на компоненты природы и на состояние экосистемы водосбор–водоем в целом;

определения допустимых рекреационных нагрузок по видам отдыха на наземные и водные экосистемы водохранилищ;

разработки рекомендаций по экологически оптимальной структуре рекреационного природопользования.

Под рекреационным природопользованием авторами понимается совокупность всех видов отдыха и туризма, при которых используются компоненты и ресурсы природы в процессе осуществления рекреационной деятельности населением. В системе рекреационного природопользования особое место занимает рекреационное водопользование, так как отдых на берегах и акватории водных объектов является наиболее популярным и массовым.

С позиций рационального использования и охраны водных ресурсов от загрязнения под рекреационным водопользованием следует понимать деятельность населения, связанную с различными видами рекреационных занятий (отдых, спорт, туризм) на акватории и побережье водоемов и

оказывающую прямое или косвенное (опосредованное) воздействие на качество воды и экосистемы водных объектов [1]. Рекреационное водопользование объединяет многие виды отдыха, различающиеся сезонами максимальных нагрузок, интенсивностью использования природных комплексов, путями, характером и объемами загрязнений, поступающих в водоемы.

При разработке методических принципов и подходов к решению задачи повышения эффективности рекреационного использования водохранилищ авторы исходили из следующих основных теоретических положений:

единства и взаимосвязи природных комплексов водоема и береговой зоны, т.е. при решении проблем рекреационного природопользования рассматривали единую экосистему водоем–водосбор;

определения воздействия отдельных видов отдыха на береговые и аквальные экосистемы и на основе полученных данных комплексной оценки этого воздействия на систему в целом.

При решении проблемы рекреационного использования водохранилищ решаются две основные и в определенной мере противоречивые задачи: с одной стороны, более полного удовлетворения спроса населения на отдых на водных объектах и, с другой стороны, снижения негативного воздействия рекреации на береговые и аквальные экосистемы. В конечном итоге обоснованное решение этих задач – важнейшее условие повышения эффективности рекреационного использования водохранилищ.

В связи с этим возникает необходимость определения устойчивости береговых и аквальных экосистем к рекреационному воздействию, особенностей функционирования данных систем и динамики их развития в процессе рекреационного



водопользования. Это позволяет обосновать практические рекомендации по рационализации структуры рекреационного водопользования, по пространственно-временному регулированию рекреационных нагрузок как в пределах одного водохранилища, так и в региональных масштабах, например в случае наличия систем и каскадов водохранилищ.

При изучении воздействия рекреационного природопользования на состояние береговых и аквальных комплексов, а также на качество воды необходимо выделять две принципиально различающиеся категории: организованные и неорганизованные (самодеятельные) отдыхающие или организованный и неорганизованный отдых. Необходимость учета этих категорий обусловлена рядом причин, а именно:

при организованном отдыхе происходит распределение рекреационных нагрузок в течение года или сезона, в то время как при самодеятельном отдыхе распределение нагрузок во времени носит случайный (стихийный) характер;

при проектировании учреждений отдыха планируется оптимальное размещение функциональных зон (жилых, прогулок, пляжных, игровых и т.д.) по территории, а при неорганизованном отдыхе преобладает случайное формирование функциональных зон;

элементы инженерного и биотехнического обустройства, а также системы водоснабжения, водоотведения, канализации и санитарного обустройства снижают негативные последствия рекреационного воздействия на качество вод и состояние экосистем при организованном отдыхе. В то же время отсутствие элементов обустройства рекреационных территорий при неорганизованном отдыхе усиливает отрицательное воздействие рекреации на этих участках.

На участках организованного отдыха допустимые рекреационные нагрузки определяются до создания учреждения отдыха. Эти рекомендации в основном учитываются на стадии планирования и проектирования. В результате при правильно определенных нагрузках отрицательные последствия рекреационного использования водохранилищ сводятся к минимуму. При несоблюдении этих условий и низком уровне обустройства развиваются процессы рекреационной дигрессии и береговые территории теряют свою живописность и привлекательность.

На участках неорганизованного отдыха планировочные мероприятия отсутствуют, а стихийность распределения нагрузок во времени и по территории вызывает возникновение процессов дигрессии в наземных и аквальных экосистемах. Если вовремя не осуществить ряд природоохранительных мероприятий, то процессы рекреационной дигрессии становятся необратимыми, что приво-

дит в ряде мест к невозможности использования этих территорий для рекреационных целей.

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 различные группы: виды отдыха с преимущественным использованием территории и виды отдыха с преимущественным использованием акватории.

К первой группе относятся организованный отдых в учреждениях отдыха, стационарный и пеший неорганизованный туризм, пикники, осмотр местности, сбор грибов и ягод, 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.

## ДОПУСТИМЫЕ РЕКРЕАЦИОННЫЕ НАГРУЗКИ

Рекреационная нагрузка – это воздействие отдыхающими на природные комплексы при тех или иных рекреационных занятиях. Под допустимой рекреационной нагрузкой авторами понимается нагрузка, при которой в наземных и водных экосистемах отмечаются некоторые изменения, но система в целом не теряет способности к самовосстановлению после снятия этих нагрузок. В частности, основные компоненты системы (почвы, растительность, грунтовые и поверхностные воды и т.д.) к следующему рекреационному сезону возвращаются к первоначальному состоянию.

Разработка научных основ определения допустимых рекреационных нагрузок на водные объекты и береговые комплексы – одна из актуальных проблем рекреационного использования водохранилищ [1], так как именно правильное определение допустимых рекреационных нагрузок на аквальные и территориальные комплексы водохранилищ наряду с другими мероприятиями позволяет свести к минимуму негативные последствия рекреационного освоения. Это особенно важно для водохранилищ хозяйственно-питьевого назначения, например Иваньковского.

К определению допустимых рекреационных нагрузок следует подходить дифференцированно, так как они значительно зависят от следующих факторов:



создания водохранилища в той или иной природно-климатической зоне;

назначения, режима и параметров самого водохранилища;

степени и характера хозяйственного освоения прилегающих территорий;

многообразия природно-территориальных и аквальных комплексов (ПТК и АК соответственно) и их пространственного размещения;

структуры рекреационных занятий;

интенсивности рекреационного природопользования.

Рекреационная нагрузка подсчитывается для каждого ПТК и АК. Имеющаяся нагрузка определяется по формуле

$$D_r = Q/S, \quad S = LB,$$

где  $D_r$ , чел/га – рекреационная нагрузка на береговые комплексы;  $Q$ , чел. – число отдыхающих на данном рекреационном участке;  $S$ , га – площадь используемого комплекса;  $L$ , м – длина береговой линии на рекреационном участке;  $B$ , м – ширина функциональной зоны данного комплекса или функциональных зон.

Для расчета допустимых рекреационных нагрузок предлагается учитывать коэффициент рекреационного обеднения видового состава травянистой растительности  $I$  и коэффициент рекреационного уплотнения почв  $J$ :

$$I = N_p/N_k < 1, \quad J = D_p/D_k,$$

где  $N_p$  – число видов на рекреационном участке,  $N_k$  – число видов на контрольной площадке (без рекреационных нагрузок),  $D_p$  – плотность верхнего горизонта почвы на рекреационном участке,  $D_k$  – плотность почвы на контрольном участке.

Неудобство применения показателя  $I$  состоит в том, что параметры допустимой нагрузки по состоянию растительности в определенном интервале следует вычислять для каждой растительной ассоциации данного комплекса. При использовании показателя  $J$  для определения допустимых нагрузок по состоянию почвенного покрова также следует учитывать амплитуду значений в определенном интервале, который можно определить экспериментально (компрессионные испытания почвенных образцов) для каждого вида почв на данном рекреационном участке.

Допустимые рекреационные нагрузки зависят от следующих показателей: типа природного комплекса и его первоначального состояния, площади рекреационного участка и функциональных зон, продолжительности рекреационного сезона (по видам отдыха), уклона поверхности рекреационного участка, допустимого уплотнения почв и обеднения видового состава растительности и др. Эти показатели определяются для каждого ПТК.

Допустимая нагрузка для всего рекреационного участка устанавливается по нижнему (наименьшему) пределу нагрузок для различных береговых комплексов, входящих в его состав.

Допустимые нагрузки на АК определяются по воздействию наиболее развитых видов отдыха на компоненты этих АК (поступление загрязняющих веществ (ЗВ) при купании, нарушение водной среды при прохождении моторного флота и т.д.). Степень и характер воздействия рекреационного водопользования на качество воды и допустимые нагрузки по этому компоненту АК также определяются для наиболее развитых водных видов отдыха по отдельным ЗВ и по их сумме. Расчет проводится таким образом, чтобы при уже существующих концентрациях в водоеме этих ЗВ, рекреационное “поступление” не привело к превышению принятых ПДК. Для каждого конкретного вида отдыха характерен определенный набор ЗВ. Зная этот набор и концентрации этих веществ в воде водоема, можно рассчитать допустимую рекреационную нагрузку на акваторию с учетом того, что

$$C_{\text{рекр}} + C_{\text{вод}} < \text{ПДК}, \quad (1)$$

где  $C_{\text{рекр}}$  – концентрация данного ЗВ, поступающего от определенного вида рекреации,  $C_{\text{вод}}$  – концентрация данного ЗВ в водоеме.

Если поступление ЗВ обусловлено несколькими видами отдыха, то (1) приобретает вид

$$\Sigma C_{\text{рекр}} + C_{\text{вод}} < \text{ПДК},$$

где  $\Sigma C_{\text{рекр}}$  – сумма концентраций ЗВ, поступающего от  $n$  видов отдыха.

Рекреационная нагрузка на акваторию  $D_a$  может быть определена из следующих соотношений:

$$D_a = \int (W_{\text{рекр}}/V), \quad W_{\text{рекр}} = C_1 N_a,$$

где  $W_{\text{рекр}}$  – объем ЗВ, поступающих от всех отдыхающих (по каждому виду отдыха);  $V$  – объем воды мелководной части водохранилища (глубиной до 2 м), примыкающей к рекреационной зоне;  $C_1$  – поступление данного ЗВ от одного отдыхающего;  $N_a$  – число отдыхающих на акватории.

Таким образом,

$$D_a = \int (W_{\text{рекр}} + W_{\text{вод}})/V \text{ при } (W_{\text{рекр}} + W_{\text{вод}})/V < \text{ПДК},$$

где  $W_{\text{вод}}$  – объем ЗВ, поступающих в водный объект от других источников загрязнения.

В настоящее время предложены формулы расчета нагрузок по некоторым видам отдыха (маломерный флот, купание). Допустимые рекреационные нагрузки следует ориентировать на наиболее “ранимое” звено в системе водосбор–водоем (т.е. если  $D_r < D_a$ , то допустимая нагрузка будет равна  $D_r$ ; если же  $D_a < D_r$ , то она будет равна  $D_a$ ). Для водных объектов с низкой устойчивостью бе-



реговых комплексов к рекреационным нагрузкам (например, крутые террасовые склоны с сухими борами беломошниками на слаборазвитых супесчаных или песчаных почвах) допустимые рекреационные нагрузки определяются для таких комплексов. Если же наибольший риск возникает при использовании АК, то уровень допустимых рекреационных нагрузок рассчитывается по их устойчивости к рекреационному воздействию. Например, при исследовании особенностей рекреационного использования Куртлинского водохранилища (Туркмения) уровень допустимых нагрузок определялся для аквальных комплексов, так как наиболее уязвимым элементом системы было качество воды.

Суммарная допустимая нагрузка по всем видам рекреации на водном объекте также должна отвечать охарактеризованным выше критериям. Как показывает опыт, при рекреационных нагрузках, меньших допустимых, снижается негативное воздействие на качество среды, а при нагрузках, больших допустимых, нарушается равновесное состояние системы. В результате процессы рекреационной дигрессии береговых и аквальных комплексов могут стать необратимыми. В случае проявления признаков разбалансировки системы следует снизить нагрузку по виду рекреационного природопользования, вызвавшему нарушение, или заменить данный вид природопользования экологически более безопасным. В связи с этим необходимо разрабатывать и осуществлять комплекс мероприятий, снижающих ущерб качеству среды по данному виду рекреационных занятий.

## ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ РЕКРЕАЦИИ НА ИВАНЬКОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Иваньковское водохранилище – один из основных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Москвы – создано на Волге в 1937 г. Основная территория его водосборного бассейна расположена в Тверской обл.

Водоохранилище создавалось как объект многоотраслевого использования (водоснабжение, судоходство, гидроэнергетика, рыбное хозяйство). Первоначально рекреационное использование водохранилища не входило в состав водохозяйственного комплекса. Однако в последствии оно получило значительное развитие [1, 6], что объясняется следующими объективными причинами: выгодным экономико-географическим положением, благоприятными природно-климатическими особенностями территории, богатым историко-культурным потенциалом, развитой экономической инфраструктурой.

Из 183 км береговой зоны Иваньковского водохранилища только 65% пригодны для рекреационного водопользования. Из них 29% пригодны

для отдыха с использованием акватории и побережья, 36% – с использованием только акватории и 35% не пригодны для рекреационного использования, что обусловлено антропогенным фактором и природными условиями [6].

## ОРГАНИЗОВАННЫЙ ОТДЫХ

Учреждения организованного отдыха, расположенные в прибрежной зоне Иваньковского водохранилища, принадлежат более 20 различным ведомствам. Из 29 оздоровительных учреждений семь характеризуются круглогодичным режимом эксплуатации, 13 – сезонным, а девять в настоящее время не функционируют. Большинство здравниц расположено на берегах Волжского плеса водохранилища, который отличается от других участков водоема хорошей транспортной доступностью.

В учреждениях отдыха в течение года рекреационные нагрузки распределены крайне неравномерно. В летние месяцы отмечаются наиболее высокие нагрузки, которые в осенне-весенний период снижаются, хотя общая сезонная нагрузка выше вследствие временной растянутости периода.

При полном использовании мест в учреждениях летнего и зимнего отдыха одновременно может отдыхать соответственно >1800 и >500, а в учреждениях круглогодичного отдыха >2800 человек. Таким образом, летом только организованно ежедневно могут отдыхать до 4600 человек. В учреждениях круглогодичного отдыха ежегодная посещаемость может составить >1 млн. человек (в конце 1980-х гг. >2 млн. человек [6]). Однако фактически число отдыхающих значительно ниже, так как далеко не все учреждения отдыха в настоящее время работают с полной нагрузкой.

Уровень инженерного обеспечения и общего санитарного состояния учреждений организованного отдыха довольно высокий. Из 29 учреждений 16 (73% общей вместимости) сбрасывают хозяйственно-бытовые сточные воды на сооружения полной биологической очистки. Остальные базы сезонного отдыха имеют водонепроницаемые выгребы для сброса сточных вод.

## НЕОРГАНИЗОВАННЫЙ ОТДЫХ

В последние годы водохранилище интенсивно используется для неорганизованного отдыха населения (табл. 1). Для расчета загрязняющего воздействия неорганизованного отдыха использованы нормы поступления ЗВ за сутки от одного человека [7]. При этом принято, что отдыхающие проводят на водохранилище  $\geq 1$  сут и что весь объем загрязнений поступит в воду. Исходя из этого, загрязнение Иваньковского водохранилища может составлять: по БПК<sub>полн.</sub> 164–205, по поступлению  $N_{\text{общ}}$  – 28–35, по  $P-PO_4$  – 2–4 т. С учетом поглощающей способности почв и расти-



**Таблица 1.** Структура неорганизованного отдыха на Иваньковском водохранилище в 1989 (числитель) и 1998 гг. (знаменатель)

Категории отдыха	Всего человек	Палаточный туризм*	Отдых с использованием маломерного моторного флота	Отдых с использованием автотранспорта
В будний день	4390	3150	1150	90
	2580	1650	260	670
В выходной день	6750	4950	1250	550
	7270	2500	270	4500

\* Предполагалось, что в одной палатке и в одной моторной лодке в среднем находятся по три человека, а в одной машине – четыре.

тельности береговой зоны в водные объекты поступает от 30 до 50% ЗВ.

Благоприятные для рекреационного использования участки испытывают довольно значительные антропогенные нагрузки, что приводит к возникновению процессов рекреационной дигрессии береговых или аквальных комплексов водохранилища.

Рекреационная нагрузка на территории береговой зоны изменяется в широких пределах: в зонах сезонного отдыха – 4–10, в зонах круглосуточного организованного отдыха – 4–125, в зонах неорганизованного отдыха – 2–250 чел/га.

Численность неорганизованных туристов может составлять >2.5 млн. человек в год. Максимальные нагрузки приходятся на выходные дни в летний сезон.

### ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ УЧАСТКОВ САМОДЕЯТЕЛЬНОГО ОТДЫХА

На участках неорганизованного отдыха выделяются шесть следующих функциональных зон, отличающихся характером, интенсивностью и особенностями рекреационного воздействия:

**основная акватория водоема** (рыболовство, отдых с использованием маломерного моторного флота, парусных лодок, байдарок, виндсерфинга и т.д.), которая характеризуется поступлением биогенных элементов, нефтепродуктов, (нагрузки незначительные);

**мелководная (прибрежная) зона водоема**, которая используется для купания, стирки, мытья посуды и характеризуется поступлением биогенного и микробиологического загрязнений, синтетических поверхностно-активных веществ, моющих средств, вторичным загрязнением, нарушением АК (нагрузки довольно существенные);

**пляжная**, в которой воздействие проявляется в вытаптывании растительности, нарушении целостности почвенного покрова, его плотностных характеристик, значительном поступлении ЗВ (ширина зоны 10–15 м, антропогенное воздействие значительное);

**расположения палаток** (“жилая” зона неорганизованного отдыха), в которой рекреационное воздействие проявляется в сильном нарушении почвенного и растительного покрова, значительном поступлении биогенных элементов и продуктов жизнедеятельности человека (ширина 20–50, редко до 100 м);

**ближних прогулок** (или “туалетная” зона), которая характеризуется поступлением продуктов жизнедеятельности человека, хозяйственно-бытовых отходов, интенсивное антропогенное воздействие здесь проявляется в уплотнении верхних горизонтов почв, нарушении растительного покрова, поступлении биогенных элементов, микробиологическом загрязнении и т.д.

**дальних прогулок** (грибные, ягодные и охотничьи угодья). В этой зоне рекреационные нагрузки очень рассредоточены, и их воздействие сказывается незначительно (кроме известных участков крупных ягодников, грибных мест – традиционно сильно нагруженных участков).

Весной все функциональные зоны рекреационных участков свободны от фекального загрязнения и процессы самоочищения в них довольно интенсивны. Во время пика рекреационных нагрузок на песчаных почвах всех функциональных зон имеются следы фекального загрязнения.

Наиболее загрязнена зона палаточных стоянок (низкие титры бактериологической группы кишечной палочки и нитрификаторов). Незначительная степень загрязнения отмечена в пляжной зоне и зоне дальних прогулок.

Высокие рекреационные нагрузки (выше допустимых) и развитие процессов рекреационной дигрессии береговых комплексов вызывают изменения (в различной степени) качества грунтовых вод и вод пляжной зоны. При хорошем состоянии растительного покрова и суглинистом механическом составе почв, что в сочетании дает хороший природный фильтр, это влияние резко уменьшается. При увеличении крутизны склонов и интенсивном развитии процессов рекреационной дигрессии до 80% ЗВ могут выноситься с по-



**Таблица 2.** Распределение моторных лодок рыболовов-любителей (в день) по плесам Иваньковского водохранилища в различные годы

Плес	1976	1978	1998
Верхне-Волжский	660	585	125
Средне-Волжский	80	123	40
Нижне-Волжский	313	346	95
Весь водоем	1053	1034	260

верхностным стоком по тропинкам и выбитым участкам.

Большое значение для сохранения качества воды имеет удаленность хозяйственно-бытовых зон от уреза воды. Так, при суглинистом составе почв и хорошем состоянии травостоя загрязняющее воздействие этих зон на качество грунтовых вод прослеживается на расстоянии 5–10, а на участках с супесчаными и песчаными почвами – на расстояниях 10–15 и до 20 м соответственно.

### ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ РЫБОЛОВСТВО

Иваньковское водохранилище – рыбохозяйственный водоем первой категории, где довольно интенсивно развито любительское рыболовство.

На посещаемость и рыболовную нагрузку оказывают влияние метеоусловия и сезонность лова. Так, зимой численность рыболовов-любителей в 2–3 раза больше, чем летом. В марте она достигала 6–8 и 15–20 тыс. человек в день в 1980-е и 1990-е гг. соответственно, а в августе – до 1,5–2,0 тыс. человек в день. Большинство рыболовов (до 90%) летом ловят рыбу с плавсредств.

Распределение рыболовов-любителей по водоему неравномерное. Максимальные нагрузки приходятся на участок Тверь–Эммаус, Городня–Мелково, район Карачарово, устье р. Донховки, район Заборских островов (место поступления теплых вод Конаковской ГРЭС), на участок от о. Уходово до плотины Иваньковской ГЭС. “Любительская нагрузка” составляет в водохранилище в среднем 48–50, с колебаниями в отдельных плесах от 209–210 (Верхне-Волжский плес) до 42 чел/га в год (Средне-Волжский плес).

Время рыбалки составляет в среднем 1/3 активного периода суток. Расчеты на основе физиологических показателей позволили определить, что за это время загрязнение водохранилища за год составляет 5–7 т взвешенных веществ, 0,7–0,8 т аммонийного азота, 0,3 т минеральных соединений фосфора и ~1 т хлоридов. Кроме того, прикармливая рыбу, рыболовы вносят в водоем еще 70–80 т различных веществ [8].

В настоящее время Иваньковское водохранилище характеризуется по комплексу показателей

как эвтрофное. Дополнительным вносом биогенных элементов интенсифицируется процесс эвтрофирования.

### ВЛИЯНИЕ МАЛОМЕРНОГО МОТОРНОГО ФЛОТА НА КАЧЕСТВО ВОДЫ

Один из массовых видов рекреации на водохранилищах – отдых на судах с подвешенными лодочными моторами (ПЛМ). Количество ЗВ, поступающих в воду от ПЛМ, не постоянно и зависит от мощности мотора, типа всасывающего и выхлопного устройства, числа оборотов двигателя и его технического состояния. Общее загрязнение водоемов нефтепродуктами может быть довольно значительным. Например, что в Иваньковское водохранилище от ПЛМ в 1975 г. поступило 23–46, а в 1976 г. – 18–35 т бензина [4].

Наибольшие опасения вызывают канцерогенные выбросы лодочных моторов, и прежде всего бенз(а)пирена (БП). Экспериментально установлено, что за 1 ч работы лодочного мотора (различного типа) в воду поступает 190–600 мкг БП. Количество БП, которое поступает в водоем от одного лодочного мотора за навигационный период, составляет ~30 мг [6].

В 1980-е гг. существенные опасения вызывало интенсивное использование маломерных моторных судов на акватории Иваньковского водохранилища, так как выхлопные газы ПЛМ составляли 10–20% (иногда до 50%) потерь топлива. В 1990-е гг. в связи с резко изменившимися социально-экономическими условиями использование маломерных моторных судов на водохранилище сократилось почти в 20 раз, что сделало неактуальным вопрос о введении ограничений на использование маломерных судов (особо загрязняющего вида водопользования, оказывающего существенное негативное воздействие на качество воды водохранилища хозяйственно-питьевого назначения). Однако в последние годы использование катеров, яхт, лодок с подвесными и стационарными моторами, а также скуттеров и других плавсредств вновь значительно увеличилось, причем возросла доля импортных, высоко мощных моторов.

Из 8000 базирующихся на водохранилище маломерных судов 1/4 используется для рыбной ловли. Сейчас число и время использования моторных лодок значительно сократилось (табл. 2).

За час работы отечественного мотора в воду выделяется ~142 мл горюче-смазочных материалов [3]. Общее загрязнение водоемов нефтепродуктами при массовом развитии маломерного флота может быть довольно значительным. В Иваньковское водохранилище до 1980 г. от ПЛМ поступало за год 17–46 [4], а в 1998 г. – 3,2–6,1 т бензина.



**Таблица 3.** Влияние массового купания на некоторые показатели качества воды (Конаковский городской пляж, июль 2002 г.)

Время отбора проб воды	Нагрузка на пляж, человек	Температура, °С		Показатели качества воды, мг/л				
		воды	воздуха	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Na	P-PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>
8:30–9:30	20	22.5	20.0	0.27–0.49	0.079–0.139	1.25–2.9	0.005–0.021	22–27
15:30–16:00	1400	26.5	27.5	0.28–0.45	0.094–0.201	1.71–3.61	0.012–0.075	26–31

На участках водохранилища, подверженных воздействию маломерного моторного флота, отмечались следующие изменения качества воды [6]:

средние концентрации нефтепродуктов в воде водохранилища увеличивались от 0.19 мг/л в период ледостава до 0.57 мг/л в период навигации. Доли проб воды с содержанием нефтепродуктов, превышающим ПДК, составляли 5.2% в ледостав, 72.8% в период летней навигации;

при суточной рекреационной нагрузке ~140 моторных лодок на акваторию одного из заливов водохранилища концентрация нефтепродуктов в воде варьировала от 0.1 до 2.15 мг/л (в среднем 0.54 мг/л). В 54.4% проб концентрация нефтепродуктов в воде превышала ПДК для объектов культурно-бытового назначения. Превышение обнаруженными концентрациями нефтепродуктов ПДК составило 1.2–7.2 раза.

### ВОЗДЕЙСТВИЕ КУПАНИЯ НА СОСТОЯНИЕ БЕРЕГОВЫХ И АКВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Один из довольно массовых видов отдыха на водоеме – купание. Влияние купания на качество воды Ивановского водохранилища впервые было изучено в 1973 г. [2].

В 1982 г. качество воды в зоне пляжа г. Конаково исследовалось при рекреационных нагрузках, которые в течение дня возрастали от нескольких человек в 6:30 до 300 человек в 15:00. В зоне пляжа, где купались 100 человек, санитарно-бактериологические показатели качества воды изменялись незначительно. Количество сапрофитной микрофлоры в воде увеличилось в среднем с 74 до 100 в 1 мл, а коли-индекс – с 100 до 270, т.е. до уровня, который почти в 40 раз меньше, чем нормируется для источников хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Летом 2002 г. изучалось влияние массового купания на качество воды Ивановского водохранилища в районе городского пляжа г. Конаково (табл. 3). Исследования показали, что число отдыхающих во время пиковых рекреационных нагрузок в последние годы возросло более чем в 4 раза по сравнению с началом 1980-х гг. (с 300 до 1400 человек). Отмечено увеличение концентраций N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub>, Na и SO<sub>4</sub> в воде водохранилища при увеличении числа купающихся.

От каждого купающегося в водоем в среднем поступает 75 мг P<sub>общ</sub> и 695 мг N<sub>общ</sub> [9]. Эти значения усреднены, так как количество биогенов зависит от факторов, которые определяют продолжительность и частоту пребывания человека в воде (длительность купального сезона данного года, погодные условия, температурный режим воды и воздуха и т.д.).

Для расчета количества биогенных элементов [5] используют следующие формулы:

$$M_1 = PA\alpha, \quad M_2 = NA\alpha,$$

где M<sub>1</sub> и M<sub>2</sub>, г/сут – соответственно количество P<sub>общ</sub> и N<sub>общ</sub>, поступивших в водоем; P и N, г – соответственно количество P<sub>общ</sub> и N<sub>общ</sub>, поступивших в водоем от одного купающегося; A – число купающихся; α – число дней купания.

Для Ивановского водохранилища максимально возможная продолжительность купального сезона равна 90 дням. При благоприятных погодных условиях и 15000 купающихся, максимальные поступления N<sub>общ</sub> и P<sub>общ</sub> могут составлять соответственно 900 и ~100 кг за сезон, что соизмеримо с поступлением этих веществ в водохранилище с очищенными сточными водами от г. Твери в течение 3 ч. Это загрязнение носит локальный характер по площади распространения и быстро затухающий во времени.

Как уже отмечалось, допустимая нагрузка по биогенным элементам на водоем не должна в сумме с другими поступлениями этих элементов превышать ПДК:

$$\frac{C_p + C_b + C_n + C_a}{W} \leq \text{ПДК},$$

где C<sub>p</sub> – количество биогенных элементов (P<sub>общ</sub> или N<sub>общ</sub>), поступающих от рекреации; C<sub>b</sub> – содержание этих веществ в водоеме; C<sub>n</sub> и C<sub>a</sub> – количество биогенных элементов, поступающих в водоем от природных и антропогенных источников соответственно; W – объем водохранилища.

Допустимая рекреационная нагрузка по биогенным элементам вычисляется по формуле

$$C_p \leq \text{ПДК} \cdot W - \frac{C_b + C_n + C_a}{W} \cdot W.$$



Аналогично можно рассчитать допустимую нагрузку по любому ЗВ, поступающему от различных видов рекреации.

### ВЫВОДЫ

В последнее десятилетие произошло изменение структуры видов отдыха на Ивановском водохранилище, что повлияло на их вклад в поступление ЗВ в водоем. Значительно возросло число отдыхающих, использующих автотранспорт, что сказалось на качестве “ранимых” прибрежных и мелководных комплексов, на увеличении поступления в мелководную зону водохранилища нефтепродуктов, продуктов жизнедеятельности человека, сильной захламленности побережья водоема и его притоков.

В настоящее время использование моторных катеров и лодок сократилось в 5–7 раз, а следовательно, снизилось отрицательное воздействие этого вида отдыха на водоем.

Значительно увеличилась доля любительского рыболовства. Учитывая, что при этом виде рекреационного использования 100% продуктов жизнедеятельности человека приходится на акваторию водоема, можно отнести этот вид отдыха к одному из самых существенных поставщиков биогенных элементов в водоем.

Необходимо продолжить дальнейшие комплексные исследования рекреационного природопользования в Верхневолжском регионе; уточнить рекреационные нагрузки по видам отдыха и по отдельным участкам Ивановского водохранилища; провести на отдельных наиболее “перегруженных” участках природоохранные и организационные мероприятия,

повышающие рекреационную емкость береговых и аквальных комплексов водохранилища.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян А.Б., Бойченко В.К., Салтанкин В.П. Рекреационное использование водных объектов Московской области (состояние, проблемы, перспективы) // Вод. ресурсы, 1983. № 4. С. 125–133.
2. Бойченко В.К. Гигиенические вопросы комплексного использования водохранилищ питьевого назначения (на примере Ивановского). Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.: ИВП АН СССР, 1977. 21 с.
3. Князев В.П. Роль подвесных лодочных моторов в загрязнении окружающей среды // Проблемы охраны вод и рыбных ресурсов Поволжья. Казань, 1980. С. 178–179.
4. Никаноров Ю.И., Турунина Н.В. Влияние маломерного флота и рыболовов-любителей на качество воды в водоемах // Рыбное хоз-во. 1977. № 9. С. 42–44.
5. Пирожник И.И., Зайцев В.М., Романов В.П. Географические аспекты формирования рекреационных систем озерно-речного типа // Вестн. БГУ. 1983. Сер. 2. № 1. С. 57–61.
6. Рекреационное использование водохранилищ: проблемы и решения. М.: Наука, 1990. 152 с.
7. Руководство по клиническим лабораторным исследованиям (основанное В.Е.Предтеченским). М.: Медгиз, 1960. 620 с.
8. Турунина Н.В., Никаноров Ю.И. Влияние неконтролируемых источников загрязнения на качественные показатели воды и рыбопродукцию водоемов // Рыбное хоз-во. 1982. № 3. С. 37–39.
9. Шамардина И.П. Борьба с антропогенным евтрофированием водоемов // Итоги науки и техники. М.: Наука, 1975. Т. 2. С. 100–126.