

6. **Иващенко И. Н.** Научные основы решения проблемы контроля, оценки и обеспечения безопасности грунтовых плотин : автореф. ... д-ра техн. наук: 05.23.07. – М.: МГСУ, 2000. – 49 с.

7. Рекомендации по контролю качества возведения насыпных плотин из грунтовых материалов: П-№767. – М.: Гидропроект, 1982. – 96 с.

8. Рекомендации по проектированию плотин из грунтовых материалов (раздел «Назначение расчетных характеристик материалов грунтовых плотин»): П-783-83. – М.: Гидропроект,

1983. – 86 с.

9. **Скибин А.Н.** Ускоренный контроль качества укладки глинистых грунтов в тело земляных напорных сооружений // Гидротехническое строительство. – 1991. – № 3. – С. 27–31.

Материал поступил в редакцию 10.01.10.

**Жарницкий Валерий Яковлевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Основания и фундаменты»

Тел. (495) 976-48-06

E-mail: zharnitskiy@msuee.ru

**Жарницкая Надежда Федоровна**, преподаватель

Тел. (4932) 32-73-04

УДК 502/504: 574

**И. Л. ДМИТРИЕВА, Т. Б. ГУРЬЕВИЧ, А. Н. САМОСЕЙКО**

ЗАО «Инженерный центр сооружений, конструкций и технологий в энергетике»

**Г. Г. ФИЛИППОВ, А. В. ИВАНОВ**

ОАО «Институт Гидропроект»

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ БИОТЫ В БАССЕЙНАХ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

*Представлены результаты изучения влияния работы Загорской ГАЭС на водную экосистему. Дан прогноз ее изменения при строительстве Загорской ГАЭС-2 и рекомендации по составу рыбозащитных сооружений.*

*Гидроаккумулирующая электростанция, экосистема, биота, ихтиофауна, качество воды, природоохранные мероприятия, рыбозащитные устройства.*

*There are given results of studying the influence of the Zagorskaya PSPP operation on the water ecosystem. The forecast of its changing under building Zagorskaya PSPP-2 is given as well as recommendations on the structure of the fish protection constructions.*

*Pumped- storage power plant, ecosystem, biota, ichthyofauna, water quality, environmental measures, fish protection constructions.*

Строительство гидроэнергетических объектов и водохранилищ оказывает существенное влияние на водную биоту рек. Наиболее глубоким изменениям подвергаются гидробионты и ихтиофауна рек при размещении на них гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС), водная растительность.

В настоящее время в Московской области на реке Кунья эксплуатируется Загорская гидроаккумулирующая электростанция, строится Загорская гидроакку-

мулирующая электростанция-2 (ЗГАЭС и ЗГАЭС-2). Схема размещения этих сооружений показана на рис. 1.

В составе проектов этих станций были выполнены специальные разделы, включающие в себя следующие действия: оценку состояния водной биоты реки Кунья до начала гидроэнергетического строительства;

выявление факторов воздействия гидроаккумулирующей электростанции на различные компоненты водной биоты;



Рис. 1. Схема размещения основных сооружений действующей Загорской гидроаккумулирующей электростанции и строящейся. Зональное распределение численности ихтиофауны в нижнем бассейне электростанции при НПУ 162,33 м

определение последствий эксплуатации гидроаккумулирующей электростанции для речной экосистемы;

разработку природоохранных мероприятий, в том числе рыбозащитных устройств.

В ходе исследований изучали изменения гидрологических и гидрохимических характеристик бассейнов ЗГАЭС, оценивали развитие в них основных видов высшей водной растительности, проводили гидробиологические съемки, контрольные обловы реки и обоих бассейнов станции, эхолотные съемки нижнего бассейна.

Река Кунья является левым притоком реки Дубна. Ее длина – 46 км, площадь водосбора – 203 км<sup>2</sup>, средне-многолетний годовой сток составляет 52,1 млн м<sup>3</sup>. До начала строительства электростанции экологическая ситуация в бассейне реки Кунья была весьма напряженной. Маловодность реки, большое количество стоков, поступающих в нее без очистки или достаточной степени очистки, поверхностный смыв с прибрежных территорий обусловили высокое содержание в речных водах таких загрязняющих веществ, как органические и биогенные соединения, нефтепродукты, фенолы, соединения тяжелых металлов. Содержание этих веществ в воде многократно превышало ПДК как для водоемов хозяйственно-питьевого, так и рыбохозяйственного назначения. Отмечались случаи дефицита кислорода в воде. Экосистема реки находилась в угнетенном состоянии, ихтиофауна была обеднена и представлена четырьмя видами вместо 13...20, характерных для бассейна Верхней Волги.

Строительство Загорской гидроаккумулирующей электростанции началось в 1980 году. В проекте режиме объект работает с 2000 года. Наполнение бассейнов станций (полный объем верхнего бассейна – 30 млн м<sup>3</sup>, нижнего – 33,2 млн м<sup>3</sup>) и насосно-турбинный режим ее работы вызвали существенные изменения геоморфологических и гидрогеологических характеристик дан-

ного участка реки. Бассейн электростанции характеризуется медленным внешним водообменом (годовой коэффициент водообмена – 1,21; время пребывания воды в бассейнах – 302 сут) и интенсивным внутренним водообменом (годовой коэффициент – 209, суточный – 0,57).

Как показано в [1, 2], эти особенности гидрологического режима привели к заметному улучшению качества воды, условий аэрации и в бассейнах станции, и в нижнем бьефе. Выявлена устойчивая тенденция снижения: уровня минерализации воды – на 30...35 %, содержания взвеси – на 30...50 %, органических и биогенных веществ – на 40...70 %, соединений различных тяжелых металлов – на 30...95 % от начального показателя.

Высшая водная растительность в бассейнах Загорской гидроаккумулирующей электростанции развита очень слабо. Воздушно-водная растительность представлена в основном небольшими куртинами рогоза, камыша и стрелолиста. Погруженная растительность (рдесты, роголистник, уруть) встречается в небольшом количестве на более защищенных мелководьях. Развитию высшей водной растительности препятствуют постоянные колебания уровня воды, связанные с работой станции, отсутствие значительных площадей мелководий, а также частичная облицовка берегов.

По результатам гидробиологических съемок установлено, что фитопланктон в нижнем бассейне представлен главным образом диатомовыми водорослями. Существенной разницы в показателях развития фитопланктона в верхнем и нижнем бассейнах не наблюдается. Биомасса фитопланктона, рассчитанная по хлорофиллу *a*, колеблется для нижнего бассейна в пределах 2,7...10,7 г/м<sup>3</sup>, для верхнего – 4,9...11,8 г/м<sup>3</sup>. Максимальная биомасса характерна для весеннего пика диатомовых водорослей. По уровню развития фитопланктона бассейны Загорской гидроаккумулирующей электростанции можно отнести к загрязненным водоемам третьего-четвертого класса вод.

Степень эвтрофирования вод оценивали по уровню первичной продукции фитопланктона и содержанию хлорофилла *a* в фитопланктоне. Полученные данные свидетельствуют о преобладании в августе продукционных процессов, а в сентябре, наоборот, деструкционных. По содержанию хлорофилла бассейны Загорской гидроаккумулирующей электростанции относятся к мезотрофному (среднекормному) типу. За период наблюдений уровень трофии бассейнов ЗГАЭС изменился от мезотрофно-эвтрофного к мезотрофному, что свидетельствует об улучшении их экологического состояния.

Фитоперифитон представлен нитчатými водорослями, скопления которых отмечены в районе очистных сооружений и во входном створе нижнего бассейна. Дно на этом участке покрыто пленкой перифитона, что свидетельствует о заметном локальном загрязнении вод.

Улучшение качества воды в бассейнах станции по сравнению с речными условиями, повышение содержания в ней растворенного кислорода, расширение кормовой базы привело к значительному росту рыбного стада, увеличению индивидуальных размеров взрослых рыб, их

жирности. В литературе подобное явление описано для Киевской и Круонисской гидроаккумулирующих электростанций, ГАЭС Маунт Эльберт и Смит Маунтин в США [3–5].

Вспышку численности рыбного стада обычно связывают с затоплением больших мелководных площадей, с растительностью, которая служит базой для размножения и нагула молоди основных видов рыб фитофильного комплекса. Ихтиологические исследования показали, что в последние годы в бассейнах Загорской гидроаккумулирующей электростанции регистрируется 12 видов рыб. Основу рыбного стада составляют ерш, плотва, окунь, лещ, укляя (табл. 1). В небольшом количестве встречаются жерех, карась, ротан, густера, пескарь, щука.

Изменение процентного соотношения видов в условиях разных лет приведено в табл. 2.

Численность и плотность обитания рыб на различных участках нижнего бассейна действующей ЗГАЭС устанавливали с помощью эхолотных съемок выполненных специалистами ВНИИРО (см. рис. 1). Таким образом, к настоящему времени бассейны ЗГАЭС

Таблица 1

**Показатели контрольного облова нижнего бассейна Загорской гидроаккумулирующей электростанции (июль, 2007)**

Семейство	Вид	Количество рыб, шт.	Возраст, лет	Длина рыб, см			Средний вес, кг	Общий вес, кг
				Средняя	Максимальная	Минимальная		
Карповые	Лещ	8	4+,5+	27,9	31,0	25,0	0,880	7,04
	Плотва	1	1+	16,0			0,026	0,026
	Укляя	4	1, 1+	12,4	13,5	10,0	0,012	0,045
Окуневые	Окунь	6	1+,2+	12,8	20,0	10,0	0,126	0,756
	Ерш	156	1, 1+	10,1	12,0	8,5	0,013	2,028

Таблица 2

**Соотношение видов рыб в уловах по годам в бассейнах Загорской гидроаккумулирующей электростанции, %**

Вид рыб	Верхний бассейн		Нижний бассейн		
	1991 год	1992 год	1991 год	1992 год	2007 год
Плотва	20,4	3,9	25,6	16,8	0,5
Окунь	38,6	34,4	20,4	23,2	3,4
Лещ	5,5	3,7	18,0	6,0	4,6
Укляя	15,4	50,1	4,8	39,6	2,3
Верховка	19,2	4,7	**	14,1	—
Ерш	**	3,3	23,0	0,5	89,2



стихийно сформировались в типичный для этих географических широт лещево-окунево-плотвичный водоем.

В обоих бассейнах сложились неплохие кормовые условия и условия нагула, что подтверждают показатели размеров, накормленности и жирности рыб. Исследованиями 1991 года установлены случаи попадания рыб в верхний бассейн через работающие агрегаты ЗГАЭС при перекачке воды из нижнего бассейна. При этом отмечено травмирование отдельных особей и жизнеспособность основной массы рыб. Формирование ихтиофауны верхнего бассейна идет за счет рыб нижнего бассейна. В свою очередь, ихтиофауна нижнего бассейна развивается на основе рыб, обитающих в реке Кунья и водоемах в ее пойме.

Ежедневные существенные сработки и наполнения нижнего бассейна, сопровождающиеся течениями, скорость которых достигает 1,5 м/с и более, приводят к циклическому перемещению как донных илистых отложений, так и водных биоресурсов (рыбы и ее корма) по акватории бассейна. При этом корм, как планктон, так и бентос, находятся во взвешенном состоянии, наиболее доступном для большинства видов рыб, обитающих в зарегулированной реке Кунья. Поэтому стратегия питания рыб в нижнем бассейне ориентирована не столько на освоение обширных кормных угодий с илистым дном, богатым бентосом, сколько на перехват дрейфующего корма на характерных участках гидравлической структуры стоковых течений по акватории бассейна.

Обобщение результатов исследований позволяет выделить наиболее значимые для ихтиофауны факторы воздействия Загорской гидроаккумулирующей электростанции (рис. 2). Их проявление влечет за собой как положительные, так и отрицательные последствия для состояния ихтиофауны. В настоящее время положительные последствия превалируют над отрицательными. Это приводит к заметному увеличению рыбопродуктивности бассейнов действующей станции по сравнению с речными условиями.

В проекте ЗГАЭС-2 предусматривается:

использование общего для двух станций нижнего бассейна с полным объемом 49,5 млн м<sup>3</sup> (см. рис. 1);

использование отдельного верхнего бассейна с полным объемом 16,3 млн м<sup>3</sup> (см. рис. 1);

применение на ЗГАЭС-2 однотипного с ЗГАЭС оборудования.

Расширение нижнего бассейна, строительство нового верхнего бассейна, повышение интенсивности перемешивания водных масс приведет к изменению химического состава вод. Прогнозные расчеты показали, что при совместной эксплуатации обоих гидроаккумулирующих электростанций следует ожидать 7...30 % улучшения качества воды по большинству показателей [2]. В то же время, очевидно, что строительство ЗГАЭС-2 приведет к повышению техногенного пресса на водную экосистему. В первую очередь это скажется на состоянии ихтиофауны.

При эксплуатации ЗГАЭС-2 вдвое увеличатся скорости стоковых течений при сработке и наполнении нижнего бассейна. В результате возрастет вероятность переноса рыб к источникам опасности, обусловленная невозможностью их сопротивления течению воды с повышенной (значительно превышающей критическую) скоростью. Ранее существующие ориентиры и убежища перестанут выполнять свою задерживающую скат функцию, и рыба будет вымываться из них стоковыми течениями.

При строительстве ЗГАЭС-2 расширяется площадь и увеличивается емкость нижнего бассейна, в верхней его части образуется обширная акватория с постоянными отметками дна. При этом грунтом земляной выемки предполагается замкнуть глубоководную часть приплотинного плеса, обустроенную наибольшим количеством естественных глубоководных стоянок, ориентиров и убежищ для рыб в старом русле реки и на ее террасах. В результате, с одной стороны, в бассейне будут созданы два

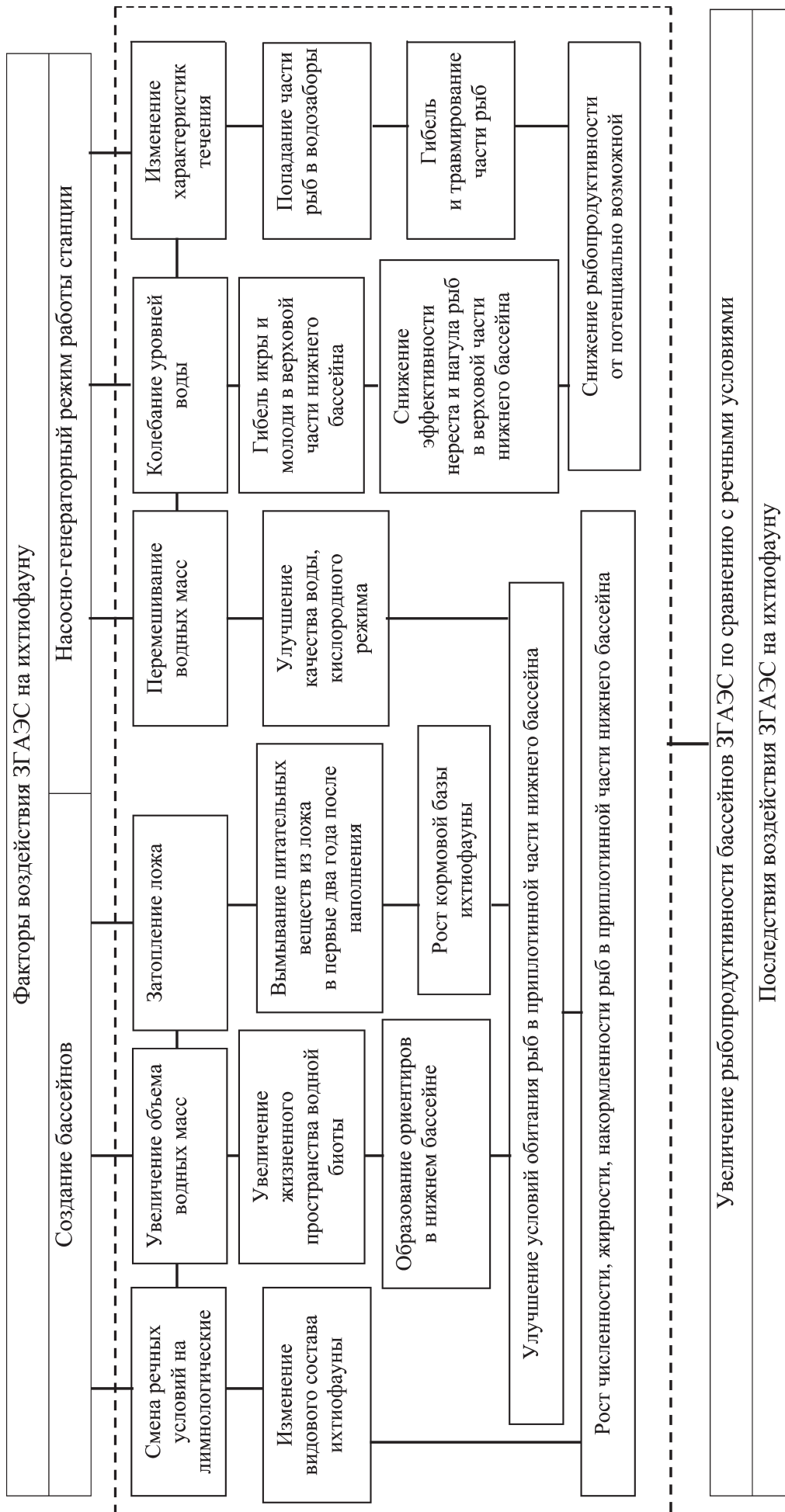


Рис. 2. Факторы и последствия воздействия Загорской гидроаккумулялирующей электростанции на ихтиофауну

обширных озерных участка акватории, наиболее удаленных от источника опасности (ГАЭС), причем скорости на них будут ниже, чем на протяжении русловой части бассейна, соединяющего озерные участки. С другой стороны, ровное дно и отсутствие ориентиров снизит возможность удержания рыб от ската, что неизбежно повлечет за собой их вымывание с озерных участков в русловые и перенос по ним к водозаборам электростанции.

При расширении верхней части нижнего бассейна будет демонтирована верховая плотина и перестанет существовать ныне неосушаемый верховой пруд. В результате исчезнет единственное относительно безопасное нерестилище в нижнем бассейне.

Таким образом, реформирование нижнего бассейна и одновременная эксплуатация уже действующей ЗГАЭС и новой ЗГАЭС-2 без проведения соответствующих рыбоохранных мероприятий приведет к потере большинства нерестовых и зимовальных площадей, безопасных мест обитания с ориентирами и укрытиями, необходимыми для удержания рыб от ската к источнику опасности.

На водозаборах, не оборудованных рыбозащитными устройствами, погибает в основном молодь рыб (сеголетки). Авторами дана оценка потенциальной потере рыбной продукции по ранней молоди в бассейнах ЗГАЭС-2. Эта потеря может составить 110 313 кг.

Для предотвращения ущерба ихтиофауне при совместной эксплуатации Загорских гидроаккумулирующих электростанций необходимо проведение следующих мероприятий:

защита рыб на водоприемнике с помощью восходящего гидравлического экрана, выполненного по патенту РФ № 2288993 «Способ защиты рыб на водоприемниках» и основанного на подаче водяных струй из зоны действия водоприемника в безопасное место водоема;

отведение молоди в безопасное место, основанное на транспортировании

рыб в водном течении из зоны непосредственного действия водозабора в безопасную зону путем создания условий для восстановления ориентации скатывающихся рыб;

удержание рыб в безопасном месте с помощью создания удаленных от водозабора мест оптимального обитания рыб – рыбообитаемых «барьера» и «города», выполненных по патенту РФ № 57758 «Рыбозащитное убежище».

Предполагаемые решения ранее были успешно внедрены Институтом «Гидропроект» на ряде гидротехнических объектов.

Эффективность действия разработанного для ЗГАЭС-2 комплекса рыбозащитных устройств, отвечающего современным нормативным требованиям, сможет обеспечить защиту свыше 70 % рыб размером от 12 мм.

По мнению авторов, природоохранные мероприятия, предусмотренные проектом ЗГАЭС-2, в том числе рыбозащитные устройства указанного типа, обеспечат удовлетворительное состояние водной биоты в бассейнах Загорских гидроаккумулирующих электростанций при их совместной эксплуатации.

1. **Гурьевич Т. Б., Дмитриева И. Л., Чуприна Я. Н.** Экологическое зонирование реки Куньи и бассейнов Загорской ГАЭС по характеристикам водной среды // Безопасность энергетических сооружений (БЭС). – Вып. 16. – 2007. – С. 175–188.

2. **Дмитриева И. Л., Гурьевич Т. Б., Самосейко А. Н., Кочарян А. Г., Лебедева И. П.** Влияние гидроаккумулирующих станций на формирование качества поверхностных вод районов их размещения // Инженерная экология. – 2009. – № 1. – С. 24–36.

3. Экологические аспекты работы Киевской ГЭС в режиме ГАЭС / Сиренко Л. А. [и др.] // Гидротехническое строительство. – 1988. – № 6. – С. 32–34.

4. **Данила С., Шикшнис А.** Состояние гидротехнических сооружений и окружающей среды Круонисской гидроаккумулирующей электростанции // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 7. – С. 2–13.

5. **La Bounty J. F., Timblin L. O.** A Case History: Environmental Protection and Enhancement in the Planning and Operation of Mt. Elbert Pumped-Storage Power Plant // 16-th Int. Congress on Large Dams. – USA: San Francisco. – 1988. – Vol. 1. – P. 403–418.

Материал поступил в редакцию 28.12.09.  
**Дмитриева Ирина Львовна**, кандидат химических наук, начальник отдела экологической безопасности

Тел. (495) 967-73-25

E-mail: cskte@rambler.ru

**Гурьевич Татьяна Борисовна**, кандидат технических наук, заместитель начальника

отдела экологической безопасности

Тел. (495) 967-73-25

E-mail: cskte@rambler.ru

**Самосейко Анна Николаевна**, инженер

Тел. (495) 967-73-25

E-mail: cskte@rambler.ru

**Филиппов Георгий Георгиевич**, главный инженер проекта рыбозащиты

Тел. (495) 940-54-51

E-mail: hydro@hydroproject.ru

**Иванов Александр Васильевич**, доктор технических наук, главный специалист

Тел. (495) 940-54-51

E-mail: hydro@hydroproject.ru

УДК 502/504 : 628.(1-21) : 628.113

## О. Н. ЧЕРНЫХ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

## В. И. АЛТУНИН

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский автомобильно-дорожный государственный университет (МАДИ)»

# ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ СИСТЕМ СТАРИННЫХ УСАДЕБ МОСКВЫ

*Рассмотрены результаты натурных обследований и дана оценка техническому и экологическому состоянию водных объектов старинных московских усадеб. Приведен краткий перечень мероприятий по их комплексной реабилитации в ландшафтных условиях столичного мегаполиса.*

*Водная система, старинные усадьбы, комплексная реабилитация, столичный мегаполис, усадебные постройки, природно-рекреационные зоны, дренажные устройства плотин.*

*In this article there are considered the results of natural inspections and the assessment of the technical and ecological condition of water bodies of the Moscow old estates is given. The short list of measures is given on their complex rehabilitation under the landscape conditions of the megacity.*

*Water system, old estates, complex rehabilitation, capital metropolis, estate buildings, natural – recreation zones, dams drainage units.*

Вид и звук текущей воды обычно вызывает у человека положительные эмоции, поэтому архитекторы усадеб старались использовать или искусственно создать водные объекты и удачно выбрать место постройки гидротехнических сооружений. В настоящее время ускоренный рост старых городов и

быстрое строительство новых привело к тому, что большинство русских усадеб оказалось внутри городской застройки и стало ее частью, из-за чего элементы водных систем усадеб, как и все городские водные объекты, подвергаются постоянному антропогенному воздействию человека. Большинство малых