

## К ВОПРОСУ О ЛИКВИДАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ИХ ЛОЖА И БЕРЕГОВОЙ ПОЛОСЫ

Сообщение 1. К вопросу о ликвидации водохранилищ и возможных экологических последствиях при реализации мероприятия

© 2012 г. А.Н. Попов<sup>1</sup>, В.И. Штыков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения, Санкт-Петербург

**Ключевые слова:** пруд, водохранилище, донные отложения, современное состояние, экологические последствия, заиление, эрозия, загрязнение.



**А.Н. Попов**



**В.И. Штыков**

Представлено современное состояние и основные характеристики малых водохранилищ и прудов, выявлены причины, определяющие целесообразность ликвидации водоемов, показаны экологические последствия таких мероприятий и возможные меры по их предотвращению.

### Современное состояние и основные характеристики малых водохранилищ и прудов

Водохранилищный фонд Российской Федерации насчитывает 2650 водохранилищ объемом более 1,0 млн м<sup>3</sup>, в т. ч. объемом более 10,0 млн м<sup>3</sup> – 260 объектов и 42 тыс. прудов объемом менее 1,0 млн м<sup>3</sup>. Таким образом, основная часть водохранилищного фонда – это малые водоемы. До 70 % ма-

лых искусственных водоемов были созданы хозяйственным способом и не имеют технической документации, около 10 % являются бесхозными, 25 % сооружений подпорного фронта находятся в аварийном состоянии, 40 % водоемов эксплуатируются более 30 лет.

Значительную часть малых и средних водохранилищ создавали для целей орошения и сельскохозяйственного водоснабжения. Однако за последние 10 лет орошение в лесной и лесостепной зоне практически прекратилось, а сельскохозяйственное водоснабжение было переориентировано на подземные воды, таким образом, целевое назначение этих водоемов остается неопределенным. В целом, по предварительным оценкам, до 50 % построенных ранее водохранилищ утратили свое хозяйственное значение в результате снижения потребности в водных ресурсах. Старение водохранилищ, их заиление, неудовлетворительное состояние гидротехнических сооружений напорного фронта становится дополнительным фактором экологической опасности и причиной возникновения чрезвычайных ситуаций. Примером является положение, сложившееся в Краснодарском крае с водохранилищами «Дюрсо» и «Глебовское», в отношении которых принято решение о ликвидации.

Эта проблема усугубляется увеличением в последнее десятилетие напряженности гидрометеорологической обстановки, частоты возникновения гидрологических катастроф. В сложившейся ситуации необходимы научно обоснованные решения по организованному и контролируемому демонтажу гидротехнических сооружений, спуску водохранилищ, рекультивации их ложа и береговой полосы с возвращением аквальных ландшафтов в земельный оборот.

Практически единственный, полноценный в научном отношении анализ хозяйственных и экологических последствий спуска крупных водохранилищ Волги, Камы, Дона, Днепра, впервые был выполнен А.Б. Авакяном [1–3]. Основные выводы, позднее подтвержденные НАН Украины на примере водохранилищ Днепровского каскада, сводятся к следующему.

Спуск крупных водохранилищ при сложившейся к настоящему моменту хозяйственной инфраструктуре, а также значительное снижение отметок их нормального подпорного уровня (НПУ) не решит никаких экологических проблем и вызовет следующие негативные последствия:

- 1) изъятие установленной мощности ГЭС, снижение частотного и аварийного резервов, необходимость компенсационных мероприятий по выработке электроэнергии на тепловых электростанциях;
- 2) разрушение сложившихся транспортных систем, ущерб судоходству, необходимость развития альтернативных видов транспорта;
- 3) переустройство инфраструктуры объектов, расположенных по берегам спускаемых водохранилищ;

4) увеличение паводковой опасности в нижних бьефах;  
5) уменьшение, особенно в меженный период, самоочищающей и разбавляющей способности рек;

6) в период спуска к сбрасываемым водам прибавится огромная масса загрязняющих веществ, накопленная в иловых отложениях.

Особо подчеркивается, что ложе спущенных водохранилищ длительное время будет представлять собой мозаичную картину песчаных и илистых площадей с вкраплениями размытых почв, затопленного леса и потребует длительных и дорогостоящих работ по рекультивации.

Современная структура фонда водных ресурсов водохранилищ России представлена в табл. 1.

Анализ представленных в таблице данных показывает, что большая часть водных ресурсов сосредоточена в крупных водохранилищах комплексного водопользования, гидротехнические сооружения которых имеют собственника, безопасность их декларируется и поддерживается на необходимом уровне.

Такое мероприятие, как спуск водохранилищ, может быть целесообразным только в отношении малых и небольших водохранилищ и, в исключительных случаях, средних водохранилищ (по классификации А.Б. Авакяна) сезонного регулирования по следующим показателям:

- 1) аварийное состояние гидросооружений напорного фронта;
- 2) бесхозность водоема, отсутствие собственника ГТС, потеря водохозяйственного значения;
- 3) длительный срок эксплуатации сооружений, заиление мертвого объема водохранилищ, интенсивное зарастание мелководий;
- 4) негативное влияние на водные ресурсы – неоправданно большие потери стока на испарение, цветение воды, вторичное загрязнение протекающих вод иловыми отложениями.

**Таблица 1.** Распределение водохранилищ России по размерам и территории

| Размер водоемов,<br>полный объем при НПУ                   | Европейская территория<br>России (ЕТР) |             |            | Азиатская территория<br>России (АТР) |             |            |
|--|--|-------------|------------|--------------------------------------|-------------|------------|
|  | <i>N</i>                               | $\Sigma S$  | $\Sigma V$ | <i>N</i>                             | $\Sigma S$  | $\Sigma V$ |
| Крупные, более 1,0 км <sup>3</sup>                         | 31                                     | 38,3        | 280        | 10                                   | 18,5        | 482        |
| Средние и небольшие 0,01–1,0 км <sup>3</sup>               | 211                                    | 5,1         | 20         | 75                                   | 1,2         | 6          |
| Пруды и малые водохранилища<br>1,0–10,0 млн м <sup>3</sup> | 1565                                   | 1,5         | 4          | 332                                  | 0,4         | 1          |
| <b>Итого</b>   | <b>1807</b>                            | <b>44,9</b> | <b>304</b> | <b>4167</b>                          | <b>20,1</b> | <b>489</b> |

Примечание: *N* – число водоемов;  $\Sigma S$  – суммарная площадь зеркала при НПУ, тыс. км<sup>2</sup>;  $\Sigma V$  – суммарный объем при НПУ, км<sup>3</sup>.

**Таблица 2.** Морфометрические характеристики малых и средних водохранилищ в различных рельефных условиях

| Наименование показателей | Категория водоемов по полному объему, км <sup>3</sup> | Значения показателей: среднее/пределы изменений            |   |  |
|--------------------------|---|--|---|--|
|                          |   | Равнинные (Русская равнина, Западно-Сибирская низменность) | Низкогорные и плоскогорные (большая часть Восточной Сибири, Дальнего Востока, Урал) | Средне- и высокогорные (Кавказ, Алтай) |
| Длина, км                | Небольшие 0,01–0,1                                    | 15/(3–65)  | 10/(2–40)   | 4,7/(1–17)                             |
|                          | Средние 0,1–1,0                                       | 27/(5–125)   | 19/(4–100)  | 11/(5–40)                              |
| Максимальная ширина, км  | Небольшие 0,01–0,1                                    | 1,6/(0,2–5)  | 1,7/(0,2–4)   | 1,8/(0,1–7)                            |
|                          | Средние 0,1–1   | 3,5/(0,2–11)   | 4,1/(0,3–14)  | 2,9/(0,6–7)                            |
| Максимальная глубина, м  | Небольшие 0,01–0,1                                    | 9/(2–32)   | 21/(5–65)   | 42/(21–100)                            |
|                          | Средние 0,1–1,0                                       | 17/(4–33)  | 29/(5–115)  | 94/(46–175)                            |

Из указанного перечня приоритетными являются утрата водохозяйственного значения, как правило, сопутствующая отсутствию собственника ГТС, и негативное влияние на водные ресурсы.

Морфометрические характеристики небольших и средних водохранилищ в различных рельефных условиях приведены в табл. 2 [5]. Представленные в таблице данные указывают на закономерные изменения морфометрических характеристик водоемов – уменьшение длины и увеличение глубины небольших и средних водохранилищ с увеличением отметок территории.

Размер малых водохранилищ в относительно однородных природных условиях зависит от размещения водоемов в различных звеньях гидрографической сети [6, 7]. Объем водоемов увеличивается при переходе от ложбин стока к лощинам, балкам-суходолам и речной сети, что равнозначно увеличению порядка водотоков. Рельеф местности в значительной степени обуславливает густоту и размер прудов: с увеличением высоты местности растет ее эрозионное расчленение и густота прудов, но уменьшается объем водной массы.

Размер водоема в конечном счете лимитируется природными условиями – рельефом местности и водообеспеченностью, а влияние технических элементов геосистемы (плотина, водосброс) носит ограниченный характер. По этой причине пространственное изменение размеров водоемов подчиняется определенным закономерностям (табл. 3) [8].

**Таблица 3.** Средние морфометрические характеристики прудов объемом менее 500 тыс. м<sup>3</sup> [8]

| Зона, регион                        | Число водоемов | Площадь водосбора, км <sup>2</sup> | Объем водоема, тыс. м <sup>3</sup> | Площадь зеркала, га | Средняя глубина, м | Удельный водосбор | Слой аккумуляции, мм |
|-------------------------------------|----------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| <b>Лесостепная</b>                  | 94             | 11,4                               | 138                                | 7,3                 | 1,9                | 156               | 12,1                 |
| Русская равнина                     | 78             | 11,9                               | 151                                | 7,6                 | 2,0                | 156               | 12,7                 |
| Западная Сибирь                     | 16             | 8,5                                | 77                                 | 5,2                 | 1,5                | 164               | 9,0                  |
| <b>Степная</b>                      | 239            | 18,0                               | 92                                 | 4,9                 | 1,9                | 366               | 5,1                  |
| Русская равнина                     | 173            | 15,4                               | 96                                 | 4,9                 | 2,0                | 314               | 6,2                  |
| Западная Сибирь                     | 66             | 24,9                               | 80                                 | 5,2                 | 1,6                | 482               | 3,2                  |
| Горные области Урала и Предкавказья | 53             | 8,1                                | 101                                | 5,8                 | 1,7                | 140               | 12,4                 |

1. Наибольшим объемом водной массы и наименьшей площадью водосбора как на территории Русской равнины, так и в Западной Сибири отличаются пруды лесостепной зоны. Аналогично объему водной массы изменяется слой аккумуляции – отношение объема водоема к площади водосбора.

2. В каждой физико-географической зоне наибольшие значения объема прудов и слоя аккумуляции приурочены к Русской равнине.

3. В отличие от объема водной массы и площади зеркала прудов средняя глубина является стабильной характеристикой, ее значение для водоемов степной и лесостепной зон изменяется незначительно.

Представление о характере использования и территориальном распределении малых водохранилищ объемом 1–10 млн м<sup>3</sup> дает табл. 4.

Данные табл. 4 показывают, что основная часть малых водохранилищ сосредоточена в наиболее обжитой – Европейской части РФ, преобладают водоемы долинного типа, используемые для сельскохозяйственного водоснабжения.

Наибольший рост числа техногенных водоемов произошел в России в 1960–1979 гг. За это двадцатилетие построено множество малых

**Таблица 4.** Использование и территориальное распределение малых водохранилищ РФ [9]

| Регион       | Тип водохранилищ | Количество водохранилищ                   |                                    |            |
|--------------|------------------|---|------------------------------------|------------|
|              |                  | Коммунальное и промышленное водоснабжение | Сельскохозяйственное водоснабжение | Прочие     |
| ЕТР          | Долинные         | 162                                       | 1279                               | 100        |
|              | Озерные          | 7   | 8                                  | 9          |
| АТР          | Долинные         | 79  | 213                                | 25         |
|              | Озерные          | 3   | 8                                  | 3          |
| <b>Итого</b> |                  | <b>251</b>                                | <b>1508</b>                        | <b>137</b> |

водохранилищ и прудов сельскохозяйственного и рыбоводного назначения. При этом, как уже было отмечено, до 70 % малых искусственных водоемов создавались хозяйственным способом и не имеют технической документации, около 10 % являются бесхозными, 25 % сооружений подпорного фронта находятся в аварийном состоянии, 40 % водоемов эксплуатируются более 30 лет.

Наиболее густа сеть прудов и водохранилищ сельскохозяйственного назначения (до 30 водоемов на 1 млн га) в Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском, Поволжском, южных областях Центрального, Волго-Вятского, Уральского экономических районов.

В связи с определенными причинами в последнее время до 50 % построенных ранее малых водохранилищ и прудов утратили свое хозяйственное значение. Старение водохранилищ, их заиление, неудовлетворительное состояние гидротехнических сооружений напорного фронта становится дополнительным фактором экологической опасности и причиной возникновения чрезвычайных ситуаций.

#### **Экологические последствия ликвидации водохранилищ и возможные пути их преодоления**

Существует мнение об экологической безопасности спуска малых водохранилищ. Во многом оно обусловлено тем, что наблюдения на спущенных водохранилищах проводят в хорошую погоду после подсушки ложа, в условиях, когда водный поток уже разработал себе новое русло в донных отложениях. Ситуация меняется коренным образом, если наблюдения ведут в период выпадения ливневых дождей, весеннего снеготаяния или в нижнем бьефе при интенсивном поступлении взвешенных веществ с ложа водоема, а также через несколько лет, когда очевидно достаточно медленное самозаращение ложа водоема и развитие в нем водно-эрозионных процессов.

Пруды и малые водохранилища степной и лесостепной зон, обладая высокой наносодерживающей способностью, задерживают практически все продукты эрозии, поступающие с водосбора, а также содержащиеся в них органические и биогенные вещества. Находясь на водосборах рек, они способствуют значительному уменьшению стока наносов. В качестве примера можно привести р. Томузловка (Восточное Предкавказье), на водосборе которой находится 102 пруда. За счет осаждения наносов в этих прудах мутность воды в реке снижается до 0,5 кг/м<sup>3</sup> при региональном фоне 2,0–2,5 кг/м<sup>3</sup> [8]. Проведенные М.Я. Прытковой расчеты показали, что в прудах и малых водохранилищах на территории бывшего СССР ежегодно откладывается 340–450 млн м<sup>3</sup> седиментационного материала, 30 % которого – продукты размыва берегов, а 225–300 млн м<sup>3</sup> является продуктами эрозии с водосбо-

ра. Данный объем сопоставим с величиной ежегодного отложения наносов в крупных водохранилищах и составляет 35–45 % от современного годового стока наносов с рассматриваемой территории. Вместе с продуктами эрозии в прудах ежегодно задерживается до 0,5 млн т фосфора и до 0,8 млн т азота, что определяет их роль в предотвращении антропогенного эвтрофирования более крупных водных объектов.

Основной проблемой при рекультивации ложа и береговой полосы спускаемых водохранилищ является предотвращение отрицательного влияния обнажающихся донных отложений на экологическое состояние питающего водотока и окружающей среды в целом.

Спуск водохранилищ вызовет увеличение базиса эрозии от минимальных значений в зоне выклинивания подпора до максимальных в приплотинной зоне. Эрозионная опасность усугубляется следующими обстоятельствами:

- характер отложений в ложе водохранилища (пески, илы, размытые почвы) предопределяет их низкую устойчивость к размыву;
- характер рельефа обнажающихся речных долин – чередование пойм, надпойменных террас, склонов коренных берегов, которые подвержены водной эрозии даже в естественном состоянии;
- отсутствие растительности, за исключением пояса воздушно-водной растительности с жесткими стеблями (рогоз, тростник, камыш, аир, осоки) вегетация которых возможна в течение периода сработки грунтовых вод в бортах водохранилища;
- обводненность склонов в результате длительной сработки вековых запасов грунтовых вод.

Наиболее опасной фракцией являются иловые отложения, для которых характерны:

- крайне низкие фильтрационные и прочностные свойства (низкая проницаемость, водоотдача, высокая пористость, сжимаемость, угол внутреннего трения, близкий к 0);
- высокое содержание азота и фосфора в поровых водах, усугубляемое тем, что в условиях естественного залегания иловые отложения состоят преимущественно из порового раствора;
- возможное загрязнение твердой фазы иловых отложений тяжелыми металлами при высокой хозяйственной освоенности водосбора;
- возможное загрязнение твердой фазы иловых отложений радионуклидами (Брянская, Смоленская, Челябинская области);
- локализация на наиболее глубоких участках спускаемого водохранилища, в т. ч. в старом речном русле.

Неустойчивое состояние донных отложений усугубляется фильтрацией из бортов спущенного водохранилища грунтовых вод, которая может про-

должаться десятки лет и поддерживать их во взвешенном состоянии. С учетом этих обстоятельств интенсивность эрозии в ложе спущенных водохранилищ можно оценить на уровне 25–35 т/га·год.

Таким образом, в неблагоприятных условиях без проведения работ по рекультивации ложа водохранилища почти весь объем накопленных за десятки лет отложений будет вынесен в нижний бьеф в течение 1–2 лет и вызовет:

- резкое увеличение содержания взвешенных частиц, биогенов и загрязняющих веществ из внутриводных растворов и илов;
- заиление нижележащих участков русла и снижение их дренирующей способности;
- подтопление и заболачивание пойм, мостов, дорожной сети, населенных пунктов;
- активизацию русловых процессов.

В качестве исходной гипотезы предполагается, что стабилизация донных отложений в ложе спущенного водохранилища может быть достигнута путем ускоренного формирования новых биоценозов – устойчивого растительного покрова, обладающего высокой биопродуктивностью. Биологическая рекультивация осложняется тем обстоятельством, что при спуске водохранилищ вновь формирующиеся биоценозы проходят несколько последовательных стадий развития в соответствии с изменяющимся водно-воздушным режимом, трансформация которого будет происходить на протяжении десятков лет в результате постепенной и длительной сработки «вековых» запасов грунтовых вод в бортах водохранилища. Наряду с опасностью водной эрозии, в аридной зоне обнажающиеся донные отложения будут подвергаться пылевому развеиванию. Возможна также активизация оползневых процессов коренных склонов речных долин.

Проведенное обследование спущенного Верхне-Кузьминского водохранилища (Пушкинский район Санкт-Петербурга, объем 1,2 млн м<sup>3</sup>) показало, что устойчивый растительный покров в результате самозарастания формируется в течение 5–7 лет, а в ложе имеются следы линейной эрозии.

Для предотвращения указанных негативных последствий необходимо проведение работ по технической и биологической рекультивации, перечень которых приведен в табл. 5.

## **Выводы**

Подлежащие ликвидации водоемы можно разделить на 2 категории.

1. Малые водохранилища объемом 1–10 млн м<sup>3</sup> долинного типа, потерявшие свое водохозяйственное значение, не имеющие собственников гидротехнических сооружений напорного фронта, обеспечивающих их безопасную и безаварийную эксплуатацию, проведение регламентных ремонт-



**Таблица 5.** Перечень основных мероприятий по рекультивации ложа спущенных водохранилищ и решаемые при этом экологические проблемы

| <i>Стадия</i>                     | <i>Перечень основных мероприятий</i>  | <i>Решаемые проблемы</i>   |
|-----------------------------------|---|--|
| Изыскательские и проектные работы | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение мощности, водно-физических свойств, качественного состава отложений наносов</li> <li>2. Анализ проектных материалов по топографическим и гидрогеологическим условиям в ложе водохранилища</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение устойчивости отложений наносов к оползанию, водной эрозии, локализация участков с загрязненными отложениями, подлежащими удалению; определение пригодности отложений для биологической рекультивации</li> <li>2. Выбор расчетной фильтрационной схемы, расчет продолжительности сработки «вековых» запасов грунтовых вод, прогноз динамики водно-воздушного режима в ложе водохранилища</li> <li>3. Разработка проекта рекультивации ложа водохранилища</li> </ol> |
| Технический этап рекультивации    | Расчистка русла водотока от иловых отложений или организация спуска воды таким образом, чтобы обеспечить осаждение продуктов размыва на поймах в нижнем бьефе   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Предупреждение заиления нижележащих участков русла</li> <li>2. Увеличение дренирующей способности русла</li> </ol>   |
|                                   | Проведение противоэрозионных мероприятий: устройство системы валов–каналов, регулирование поверхностного стока  | Перехват продуктов водной эрозии, недопущение их поступления в водоприемник до формирования устойчивого растительного покрова в ложе спущенного водохранилища  |
|                                   | Устройство системы нагорно-ловчих каналов   | Повышение устойчивости склонов, предупреждение оползней, размыва отложений напорными грунтовыми водами, ускорение сработки грунтовых вод   |
|                                   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Агротехническая обработка, известкование потенциально плодородных участков ложа водохранилища</li> <li>2. Землевание неплодородных участков ложа водохранилища иловыми отложениями с высоким содержанием биогенных и органических веществ</li> <li>3. Удаление отложений, загрязненных тяжелыми металлами, радионуклидами или их санация</li> </ol> | Подготовка ложа спущенного водохранилища для биологической рекультивации   |

Окончание табл. 5

| Стадия                      | Перечень основных мероприятий  | Решаемые проблемы   |
|-----------------------------|--|---|
| Биологическая рекультивация | Создание устойчивого растительного покрова путем регулирования процессов самозарастания или искусственной культивации соответствующих видов водно-болотной и суходольной растительности        | Предупреждение процессов водной эрозии, повышение плодородия почв, создание условий для сельскохозяйственного освоения земель |
| Организация водоохраных зон | Залужение, закустаривание прибрежных полос, создание водорегулирующих лесокустарниковых насаждений, обеспечение режима хозяйственной деятельности в соответствии со статусом водоохранной зоны | Воспроизводство экологически полноценных водных ресурсов  |

ных работ, декларирование безопасности. Дополнительными показаниями к ликвидации являются заиление мертвого объема водохранилищ, интенсивное зарастание мелководий, негативное влияние на водные ресурсы – неоправданно большие потери стока на испарение, цветение воды, вторичное загрязнение протекающих вод иловыми отложениями. Потеря водохозяйственного значения часто маскируется путем придания водоему статуса «рекреационного, противопожарного, культурно-бытового пользования».

2. Пруды объемом менее 500 тыс. м<sup>3</sup>, созданные преимущественно на овражно-балочных водосборах и вызывающие чрезмерную зарегулированность стока малых рек (более 25 % годового стока).

Представление об экологической безопасности спуска малых водохранилищ обусловлено тем, что наблюдения на спущенных водохранилищах проводят в хорошую погоду после подсушки ложа в условиях, когда водный поток уже разработал себе новое русло в донных отложениях. Объективный анализ ситуации и наблюдения за объектом в период выпадения ливневых дождей, весеннего снеготаяния или в нижнем бьефе при интенсивном поступлении взвешенных веществ с ложа водоема, а также через несколько лет, когда очевидно достаточно медленное самозарастание ложа водоема и развитие в нем водно-эрозионных процессов, указывают на необходимость проведения комплекса работ по рекультивации ложа.

Основной проблемой при рекультивации ложа и береговой полосы спускаемых водохранилищ является предотвращение отрицательного влияния обнажающихся донных отложений на экологическое состояние питающего водотока и окружающей среды в целом. Неустойчивое состояние отложений усугубляется фильтрацией из бортов спущенного водохранилища

грунтовых вод, которая может продолжаться десятки лет и поддерживать их во взвешенном состоянии. Стабилизация иловых отложений может быть достигнута путем ускоренного формирования новых биоценозов, обладающих высокой биопродуктивностью.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авакян А.Б.* Народнохозяйственные и экологические последствия спуска водохранилищ // Гидротехническое строительство. 1991. № 8. С. 1–8.
2. *Авакян А.Б.* Что делать с волжскими водохранилищами // Природа. № 2. 1999. С. 45–58.
3. *Авакян А.Б.* Водохранилища в современном мире // Россия и современный мир. 1998. Вып. 4 (21). Режим доступа: [www.inion.ru/product/russia/avakjan/htm](http://www.inion.ru/product/russia/avakjan/htm)
4. *Авакян А.Б., Шаранов В.А.* Водохранилища гидроэлектростанций СССР. М., Институт научной информации по общественным наукам РАН. 1977. 400 с.
5. *Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шаранов В.А.* Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 326 с.
6. *Мильков Ф.Н.* Человек и ландшафты. М. 1973. 224 с.
7. *Дроздов К.А.* Пруды и водохранилища ЦЧО, как антропогенные ландшафтные комплексы (урочища и группы урочищ) / Науч. зап. Воронеж. отд. Геогр. о-ва СССР. Воронеж. 1974. С. 36–46.
8. *Прыткова М.Я.* Географические закономерности осадконакопления в малых водохранилищах. Л.: Наука, 1986. 86 с.
9. *Эдельштейн К.К.* Водохранилища России. Экологические проблемы, пути их решения. М.: Геос, 1998. 277 с.

#### Сведения об авторах:

Попов Александр Николаевич, д. т. н., профессор, заведующий отделом восстановления рек и водоемов, ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГУП РосНИИВХ), 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23; e-mail: [pan1944@ Rambler.ru](mailto:pan1944@ Rambler.ru)

Штыков Валерий Иванович, д. т. н., профессор, кафедра «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика», Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9