

перенос и др.), антропогенные изменения побережья и влияние озера на окружающую природную среду.

1. Производство сульфата натрия из рассолов озера Кучук; отв. ред. Е. Е. Фроловский. – СПб: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001. – 444 с.

2. Оценка изменений гидрогеологиче-

ских условий под влиянием производственной деятельности; отв. ред. В. М. Фомин. – М.: Недра, 1978. – 204 с.

Материал поступил в редакцию 11.04.12.

Заносова Валентина Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Тел. 8 (3852) 628-082

E-mail: valzan@bk.ru

УДК 502/504:556.51

Е. Г. УГРОВАТОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)

ОБОСНОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ТИПОВ ПЕРЕБРОСКИ СТОКА НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ЗАПАДНЫЙ МАНЫЧ

Обосновано применение комбинированных типов переброски стока из бассейнов Дона и Кубани в реку Западный Маныч. Приводится общее уравнение водохозяйственного баланса реки-реципиента с комбинированным типом переброски стока, представлены условия функционирования таких систем.

Каналы переброски стока, межбассейновые и внутриводосборные системы переброски, комбинированный тип переброски стока, критерии функционирования систем переброски стока.

The substantiation of application of mixed types of a drain transfer from the Don's and Kuban's basins to the Western Manych river is considered. The general equation of the hydro-economic balance of the river-recipient with a mixed type of drain transfer is given, there are presented conditions of functioning of such systems.

Channels of the drain transfer, interbasin and intrabasin water transfers, mixed type of the drain transfer, criteria of functioning of drain transfer systems.

В бассейнах рек Нижнего Дона и Кубани в маловодные годы наблюдается дефицит водных ресурсов, так как распределены они в некоторых регионах, и особенно на юге России, крайне неравномерно. Для решения задач с дефицитом водных ресурсов используют схему переброски стока как внутри бассейна, так и из других бассейнов рек.

Масштабы крупнейших перебросок в мире значительно выросли: от 0,5...1 км³ в год (расходом 15...30 м³/с) в начале XX века до 10 км³ в год (расходом более 300 м³/с) в настоящее время. Примеры перебросок воды есть во многих странах. В бывшем СССР крупнейшим сооружением являлся Каракумский канал, забирающий из Амударьи в западном направлении не менее 10 км³ воды в год, используемой главным

образом на орошение [1].

В России и странах ближнего зарубежья общая величина перебрасываемых вод составляет более 110 км³ в год. Только крупных каналов с расходом воды более 100 м³/с насчитывается около 60. Их суммарная пропускная способность составляет 7,5 тыс. м³/с [2]. Сейчас в России действует 37 систем межбассейного перераспределения стока, которые перебрасывают более 17 км³/год воды [3].

Существуют следующие классификации систем территориального перераспределения стока (ТПС): по виду переброски стока, по протяженности, по назначению и др. По типу переброски стока ТПС различают межбассейновые, внутриводосборные и локальные [1, 4, 5].

Локальные (местные) системы

осуществляют переброску воды внутри бассейна для целей орошения, водоснабжения населенных пунктов. Длина таких систем обычно не превышает 100...200 км. Примером такой переброски может служить Азовский магистральный канал с расходом в голове до 20 м³/с, протяженностью 92 км, обеспечивающий орошение на площади 19,9 тыс. га. Канал забирает воду из Веселовского водохранилища и перебрасывает ее для орошения левобережной поймы Дона.

Внутрибассейновые системы перераспределяют воду в пределах речных бассейнов, имеющих самостоятельный выход к водоприемнику: озеру, морю, океану. К числу таких систем можно отнести Донской магистральный канал, перебрасывающий воду в пределах речного бассейна Дона из Цимлянского водохранилища в реку Западный Маныч.

Межбассейновые системы осуществляют переброску стока между бассейнами и в зависимости от физико-географических условий различают внутризональные (отбор и использование воды происходит в пределах одной зоны) и межзональные (отбор производится в одной природной зоне, а использование в другой) системы переброски. Пример такой переброски – Терско-Кумский канал, подающий воду из реки Терек в реку Кума.

Применение находят и другие типы перебросок. Иногда межбассейновые, внутрибассейновые и локальные системы переброски стока используются совместно (рис. 1). Эти ТПС, по предложению авторов, можно назвать «комбинированные», или «смешанные», что является дополнением существующей классификации систем переброски стоков [1, 4, 5].

Ниже приведены четыре возможные схемы комбинированных типов переброски стоков и примеры их использования.

Комбинированная система ТПС, приведенная на рисунке 1а, используется для внутрибассейновой переброски стока из Дона в реку Западный Маныч по Донскому магистральному каналу и межбассейновой переброски из Кубани в реку Западный Маныч по Невинномысскому каналу и далее по реке Большой Егорлык.

Комбинированная система территориального перераспределения стока,

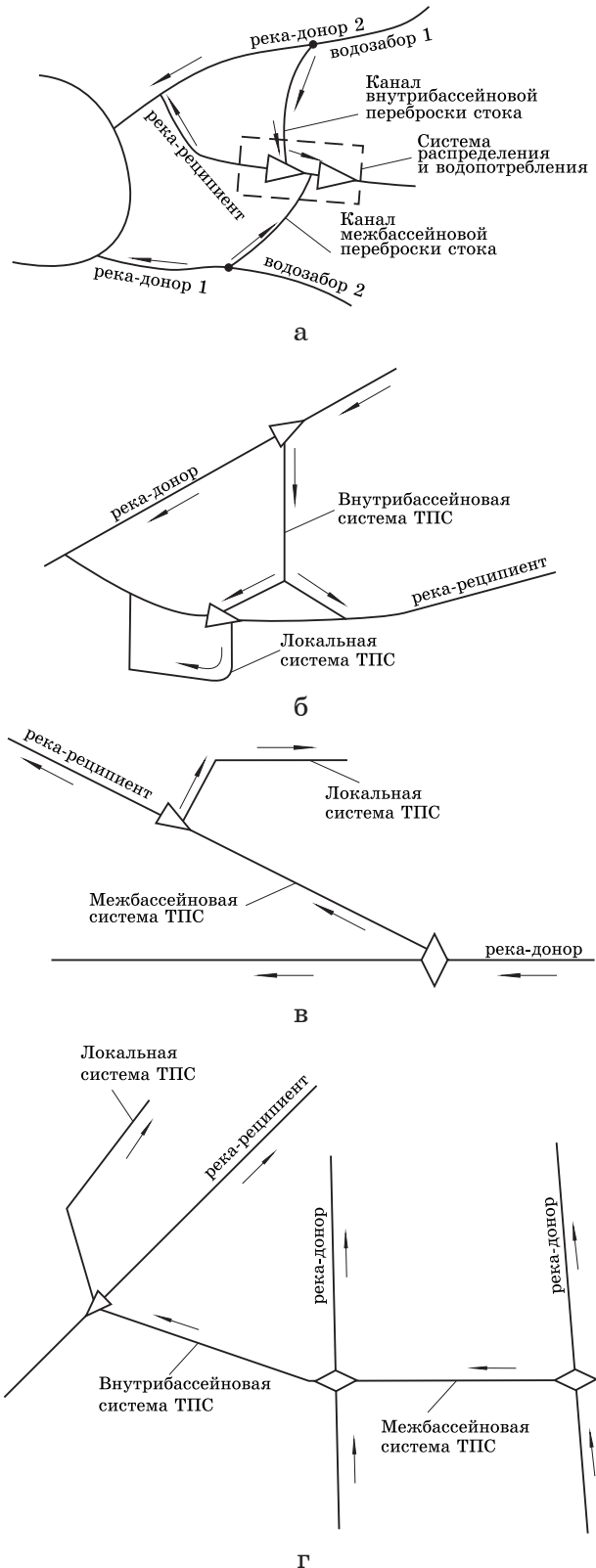


Рис. 1. Схемы комбинированных типов территориального перераспределения стока: а – внутрибассейновая и межбассейновая переброски стока (схема 1); б – внутрибассейновая и локальная системы переброски стока (схема 2); в – межбассейновая и локальная переброски стока (схема 3); г – межбассейновая, внутрибассейновая и локальная переброски стока (схема 4)

приведенная на рисунке 1б, используется для внутрибассейновой переброски стока из реки Дон в реку Западный Маныч и локальной переброски стока из Веселовского водохранилища в реку Западный Маныч по Азовскому магистральному каналу для орошения земель.

Переброска стока на рисунке 1в применена для межбассейновой переброски стока из реки Кубань в реку Большой Егорлык и локальной системы переброски из Новотроицкого водохранилища в реку Большой Егорлык в Право-Егорлыкский магистральный канал для орошения и обводнения.

Схема переброски стока на рисунке 1г использована для межбассейновой переброски стока из реки Терек в реку Кума и далее для внутрибассейновой переброски стока в Чограйское водохранилище в реку Восточный Маныч, откуда осуществляется локальная переброска по Черноземельскому магистральному каналу для орошения, обводнения и водоснабжения.

Приведенные комбинированные типы ТПС позволяют повысить эффективность регулирования водного режима водохозяйственных объектов (каналов, водохранилищ и рек) и обеспечить их устойчивое и надежное функционирование.

Эффективность данных систем проявляется и в асинхронности местного стока, которая в маловодные годы покрывает дефицит водохозяйственного баланса (ВХБ) [6].

Для рассмотренных схем комбинированных типов ТПС уравнения водохозяйственного баланса могут быть записаны в следующем виде:

для схемы 1 –

$$\Delta W = W_{p-rc} + W_{mbTPCp-d1} + W_{vbTPCp-d2} - \sum_{i=1}^n W_{potri} - W_{tr.pop.} \pm \Delta V - V_{pot}; \quad (1)$$

для схемы 2 –

$$\Delta W = W_{p-rc} + W_{vbTPCp-d} - W_{lkTPCp-rc} - \sum_{i=1}^n W_{potri} - W_{tr.pop.} \pm \Delta V - V_{pot}; \quad (2)$$

для схемы 3 –

$$\Delta W = W_{p-rc} + W_{mbTPCp-d} - W_{lkTPCp-rc} - \sum_{i=1}^n W_{potri} - W_{tr.pop.} \pm \Delta V - V_{pot}; \quad (3)$$

для схемы 4 –

$$\Delta W = W_{p-rc} + W_{mbTPCp-d1} + W_{mbTPCp-d2} - W_{lkTPCp-rc} - \sum_{i=1}^n W_{potri} - W_{tr.pop.} \pm \Delta V - V_{pot}, \quad (4)$$

где ΔW – итог ВХБ, который может быть в виде избытка водных ресурсов ($\Delta W > 0$) или их дефицита ($\Delta W < 0$); W_{p-rc} – местный сток реки-реципиента, формируемый в пределах рассматриваемого участка; $W_{mbTPCp-d1}$, $W_{vbTPCp-d2}$ – объемы переброски стока соответственно межбассейновой и внутрибассейновой системы ТПС из рек-доноров; $W_{lkTPCp-rc}$ – объем локальной переброски стока из реки-реципиента; $W_{tr.pop.}$ – суммарный объем потребления на данном участке; $W_{tr.pop.}$ – объем транзитного попуска за пределы участка, включающий санитарный попуск; ΔV – объем регулирования стока водохранилищем, который принимается со знаком «+» при сработке и со знаком «-» при наполнении; V_{pot} – потери воды на фильтрацию и испарение.

Особенности водохозяйственных расчетов ТПС рассмотрены также в работе [7].

Наиболее значимыми параметрами системы переброски стока являются объем транспортируемой воды W и расстояние, на которое она подается, L . В связи с этим переброски стока целесообразно классифицировать по показателю, представляющему собой произведение годового объема перебрасываемой воды (кубический километр в год) на протяженность трассы переброски (километры) [1]. Значения данного показателя для основных каналов Юга России, по данным Государственного водного кадастра за 2005 год, приведены в таблице 1.

Масштаб переброски речного стока по каналам юга России

Таблица 1

| Канал переброски | Объем водозабора за 2005 год W , км ³ /год | Длина трассы переброски, км | Сводный показатель масштаба переброски WL , км ³ /год км | Категория переброски стока (по масштабу) |
|--------------------------------------|---|-----------------------------|---|--|
| Большой Ставропольский (1-я очередь) | 2,783 | 160 | 445,28 | Средняя |
| Донской магистральный | 1,611 | 112 | 180,43 | Средняя |
| Терско-Кумский | 0,755 | 146 | 110,23 | Средняя |
| Невинномысский | 1,360 | 54 | 73,44 | Небольшая |
| Кумо-Манычский | 0,600 | 96,2 | 57,72 | Небольшая |

Целью данной работы является гидрологическое обоснование применения комбинированного типа переброски стока на примере реки Западный Маныч, включающего совместное использование межбассейновой и внутрибассейновой систем перераспределения речного стока.

Примером комбинированного типа территориального перераспределения стока в соответствии со схемой 1 на рисунке 1 является переброска стока в реку Западный Маныч из бассейнов Дона и Кубани по Донскому магистральному (ДМК), Пролетарскому магистральному (ПМК) и Невинномысскому (НК) каналам (рис. 2). Здесь реками-донорами являются Дон и Кубань, а рекой-реципиентом – Западный Маныч.

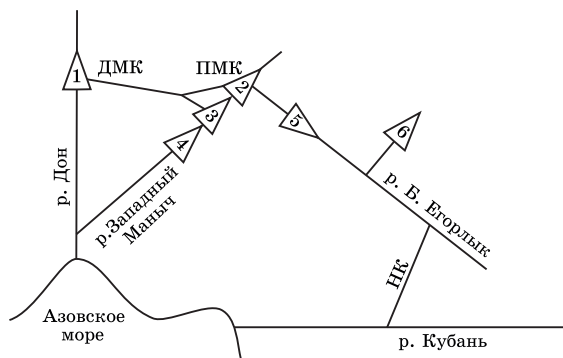


Рис. 2. Схема водохозяйственной системы реки Западный Маныч с комбинированным типом перераспределения стока. Каналы: ДМК – Донской магистральный; НК – Невинномысский; ПМК – Пролетарский магистральный. **Водоохранилища:** 1 – Цимлянское; 2 – Пролетарское; 3 – Веселовское; 4 – Усть-Манычское; 5 – Новотроицкое; 6 – Сенгилеевское

Проблемами водохранилищ реки Западный Маныч занимались В. А. Волосухин, В. М. Панов, А. А. Базелюк, П. М. Лурье, А. Е. Косолапов [8–10]. В их работах подробно изложена история создания, современное состояние, экологическая ситуация и режимы работы водохранилищ.

Рассмотрим расчет водохозяйственного баланса водохозяйственной системы реки Западный Маныч с комбинированным типом территориального перераспределения стока, который выполнен с использованием уравнения (1).

В таблице 2 приведены составляющие приходной части водохозяйственного баланса по переброске стока комбинированного типа перераспределения стока из реки Дон и реки Кубань в Западный Маныч для года 95%-й обеспеченности.

Согласно проведенным расчетам, суммарный объем переброски стока в Пролетарское водохранилище составил 964,18 млн м³ в год, или 93,5 % от общего объема приходной части, а объем переброски стока в Веселовское водохранилище – 228,92 млн м³ в год, или 16,2 % от приходной части. За счет указанных объемов переброски стока для этих водохранилищ обеспечивается бездефицитный баланс для маловодного года и поддерживается необходимая соленость воды для использования при орошении.

На основании анализа и обобщения имеющихся работ в области территориального перераспределения стока автором сформулированы некоторые общие условия функционирования систем стока с учетом гидрологических параметров.

Условиями функционирования

Таблица 2

Составляющие приходной части годового водохозяйственного баланса водохранилищ на реке Западный Маныч по переброске стока комбинированного типа

| Составляющие баланса | Объем, млн м ³ | % |
|--|---------------------------|-------|
| Приходная часть Пролетарского водохранилища | 1030,37 | 100,0 |
| В том числе: | | |
| переброска стока из реки Дон по Донскому и Пролетарскому магистральным каналам | 50,77 | 4,9 |
| переброска стока из реки Кубань по Невинномысскому каналу и реке Большой Егорлык | 913,41 | 88,6 |
| боковая приточность | 43,48 | 4,2 |
| другие составляющие | 22,70 | 2,3 |
| Приходная часть Веселовского водохранилища | 1412,66 | 100,0 |
| В том числе: | | |
| переброска стока из реки Дон по ДМК | 228,92 | 16,2 |
| сток с вышележащего участка | 987,15 | 69,9 |
| боковая приточность | 53,32 | 3,8 |
| другие составляющие | 143,27 | 10,1 |

комбинированного типа систем территориального перераспределения стока (ТПС) могут служить следующие соотношения:

а) по объему переброски стока в системах ТПС –

$$\sum W_{\text{ТПСр-д}} \geq \sum_{i=1}^N W_{\text{потри}} - W_{\text{р-рц}} - W_{\text{пот, тпс}},$$

где $W_{\text{ТПСр-д}}$ – суммарный годовой объем межбассейновой и внутрибассейновой системы ТПС из рек-доноров; $W_{\text{р-рц}}$ – суммарный объем потребления в зоне действия межбассейновой и внутрибассейновой системы ТПС; $W_{\text{р-рц}}$ – объем водных ресурсов реки-реципиента; $\sum W_{\text{пот, тпс}}$ – суммарный объем потерь на испарение и фильтрацию из системы ТПС при транспортировке воды.

б) по пропускной способности русел систем ТПС –

$$\frac{\sum_{i=1}^n W_{\text{потри}}}{T_{\text{год}}} \leq Q_{\text{мбТПСр-д1}} = \frac{W_{\text{мбТПСр-д1}}}{T_{\text{год}}};$$

$$\frac{\sum_{k=1}^k W_{\text{потри}}}{T_{\text{год}}} \leq Q_{\text{вбТПСр-д2}} = \frac{W_{\text{вбТПСр-д2}}}{T_{\text{год}}};$$

$$\frac{\sum_{k=1}^k W_{\text{потри}}}{T_{\text{год}}} \leq Q_{\text{лктпср-рц}} = \frac{W_{\text{лктпср-рц}}}{T_{\text{год}}},$$

где $Q_{\text{мбТПСр-д1}}$, $Q_{\text{вбТПСр-д2}}$ – расходы межбассейновой и внутрибассейновой систем ТПС из рек-доноров; $Q_{\text{лктпср-рц}}$ – расход локальной системы ТПС из реки-реципиента; $T_{\text{год}}$ – период работы систем ТПС за год, с.

Основные водохозяйственные задачи, решаемые при территориальном перераспределении стока, следующие: определение возможного отбора стока в зоне изъятия с учетом сохранения водных и околотовных экосистем; определение пропускной способности и водного режима канала переброски; оптимизация режимов водоподдачи в зоне распределения стока [11]. Следовательно, при обосновании объема переброски стока существенным вопросом является объем предельно допустимого изъятия (ПДИ) водных ресурсов из рек-доноров.

По существующим в России нормативам объем допустимого безвозвратного изъятия должен составлять не более 15 %, а согласно требованиям Комитета по водным проблемам Европейской экономической

комиссии ООН, не более 10 % (при ограничении водопользования и выполнении мер по регулированию стока – до 20 %) [12]. В работе [13] обоснована методика определения допустимого стока по степени сохранности водной экосистемы.

По условиям охраны водотока от истощения предельно допустимое изъятие водных ресурсов представляет собой допустимую разность между величиной естественного стока (расчетной обеспеченности) и величиной резервируемого (оставляемого) стока ниже гидроузла и водозабора [12]:

$$Q_{\text{пди}} = Q_{\text{кр}} - Q_{\text{ист}},$$

где $Q_{\text{кр}}$ – расход маловодных лет; $Q_{\text{ист}}$ – минимальный расход, который был зарегистрирован за весь период наблюдений.

Рассмотрим определение расходов ПДИ на примере Нижнего Дона (участок станицы Раздорской), где имеется длинный ряд наблюдений за стоком.

На рисунке 3 приведены гидрографы стока минимальных расходов маловодного года 95%-й обеспеченности и расходы ПДИ. Анализ месячных расходов предельно допустимого изъятия для Нижнего Дона показывает, что они изменяются в пределах от 50 м³/с в летне-осенний и зимний периоды до 500 м³/с в весенний период.

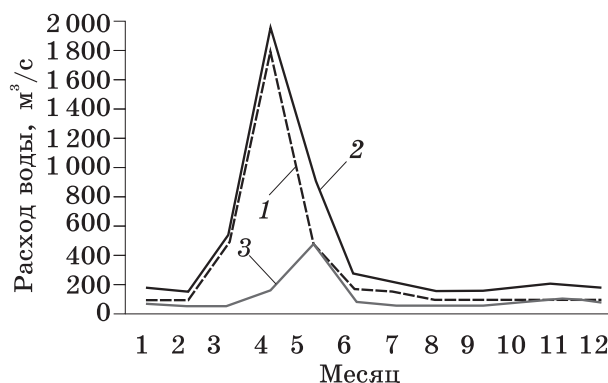


Рис. 3. Гидрограф участка реки Нижнего Дона (станция Раздорская): 1 – исторически минимальные расходы; 2 – месячные расходы маловодного года 95%-й обеспеченности; 3 – расходы предельно допустимого изъятия

Сопоставляя расходы предельно допустимого изъятия с объемами потребления на рассматриваемом

участке, которые составляют 381 млн м³/год при среднем расходе потребления 12,1 м³/с, можно сделать вывод о непревышении в современных условиях допустимых пределов изъятия водных ресурсов даже в маловодные периоды года. Это обстоятельство свидетельствует о сложившихся благоприятных условиях сохранения водной экосистемы Нижнего Дона на данном участке.

Выводы

На основании проведенного анализа опыта применения существующих систем территориального перераспределения стока в основном межбассейнового и внутрибассейнового типов предлагается комбинированный тип системы территориального перераспределения стоков, включающий совместное их применение в одном комплексе, что позволит повысить эффективность регулирования режима работы водохозяйственной системы и обеспечить ее устойчивое и надежное функционирование.

Для обоснования применения комбинированных типов систем территориального перераспределения стоков предложены уравнения водохозяйственного баланса, возможные схемы их использования и приведен пример для водохозяйственной системы реки Маныч, который свидетельствует об эффективности функционирования таких систем.

Приведены условия эффективного функционирования систем комбинированного типа территориального перераспределения стока по суммарному объему переброски стока и пропускной способности русел.

1. Шикломанов И. А., Маркова О. Л. Проблемы водообеспечения и переброски речного стока в мире. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 295 с.

2. Косиченко Ю. М. Каналы переброски стока России. – Новочеркасск: НГМА, 2004. – 470 с.

3. Россия: водно-ресурсный потенциал / Под ред. А. М. Черняева. – Екатеринбург: Агрокосмоэкология, 1998. – 342 с.

4. Иванова Т. И. Гидролого-водохозяйственные задачи при обосновании объема и режима переброски стока // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 3. – С. 40–44.

5. Комплексное использование водных ресурсов / С. В. Яковлев [и др.] – М.: Высшая школа, 2005. – 384 с.

6. Комплексное использование водных ресурсов и охрана природы / В. В. Шабанов [и др.]. – М.: Колос, 1994. – 318 с.

7. Раткович Л. Д. Особенности водохозяйственных расчетов при территориальном перераспределении речного стока // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. – № 1. – С. 40–41.

8. Волосухин В. А., Мельников В. В. Азово-Каспийский водный путь: история, проблемы, перспективы. – Ростов на Дону: ЮФУ, 2008. – 240 с.

9. Панов В. Д., Базелюк А. А., Лурье П. М. Реки Западный и Восточный Маныч. Гидрография и режим стока. – Ростов на Дону: Донской издательский дом, 2009. – 431 с.

10. Косолапов А. Е., Кувакин А. В. Водное хозяйство бассейна Азовского моря. – Новочеркасск: НГМА, 2001. – 226 с.

11. Вода или нефть? Создание Единой водохозяйственной системы: научное издание. – Д. В. Козлов [и др.]; под общей редакцией Д. В. Козлова. – М.: МППА ВИМПА, 2008. – 456 с.

12. Новикова Н. М., Кузьмина Ж. В., Подольский С. А., Балюк Т. В. Экологическое обоснование подходов к нормированию регулирования режима речного стока // Поволжский экологический журнал. – 2005. – № 3. – С. 227–240.

13. Маркин В. Н. Методика определения экологически допустимого стока по степени сохранности водной экосистемы // Вода Magazine. – 2012. – № 1. – С. 9.

Материал поступил в редакцию 17.04.13.

Угроватова Евгения Геннадьевна
старший преподаватель

Тел. 8-908-517-99-88

E-mail: jenyaugrovatova@rambler.ru