

===== **МЕТОДЫ ПОДДЕРЖАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ** =====
И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК: 639.2/3; 504.062.4; 556; 504.453; 504.455

**ТРЕБОВАНИЯ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА
ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕЖИМАМИ ВОДОХРАНИЛИЩ**

© 2019 г. В.Г. Дубинина

*Центральное Управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам
по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и акклиматизации
Россия, 125009, г. Москва, Большой Кисловский пер., д. 10, стр. 1. E-mail: vgdu@mail.ru*

Поступила в редакцию 13.02.2019. После доработки 13.02.2019. Принята к публикации 25.02.2019.

Приведены результаты исследований по разработке требований рыбного хозяйства к водным ресурсам водохранилищ в части необходимых объемов и сроков попусков в нижние бьефы гидроузлов для естественного размножения полупроходных и проходных рыб на примере Цимлянского водохранилища.

Разработанные гидрографы учитывают специфику гидрологического режима, площади и продолжительности затопления нерестилищ в период температур, благоприятных для нереста и развития личиночных стадий рыб, эффективность размножения различных видов рыб при различных сценариях водного режима. Обоснованы параметры годового и сезонного гидрографа, обеспечивающего благоприятные условия размножения и существования рыб в водной экосистеме Нижнего Дона.

Ключевые слова: водохранилище, Цимлянское, Нижний Дон, речной сток, температура, пойма, займище, нерестилище, площадь и продолжительность затопления, рыбохозяйственный попуск, размножение рыб, экосистема, ареалы нагула, водные биологические ресурсы.

DOI: 10.24411/2542-2006-2019-10027

Естественное воспроизводство и жизнестойкость проходных и полупроходных рыб и других гидробионтов водных экосистем зависит от многих абиотических и биотических факторов, наиболее значимыми из которых являются: режим и характер обводнения нерестилищ; количество идущих на нерест производителей; температурный режим; материковый сток в море, определяющий кормовую базу; соленость и ареалы нагула молоди и взрослых рыб.

Биологическая продуктивность южных морей находится в тесной зависимости от величины материкового стока и его внутригодового распределения. Литературные и наши данные подтверждают, что объем и режим речного стока выполняет самые разнообразные экологические функции. Среди них такие, как поддержание в реках определенных гидравлических и геоморфологических параметров (не заиливающая скорость течения, физические и химические характеристики воды и др.), поддержание величины площади, сроков и продолжительности обводнения поймы. Речной сток участвует в формировании термического режима рек, мутности вод, почвенного и растительного покрова, что играет большую роль в функционировании водных и околоводных экосистем и, прежде всего, в размножении рыб и других гидробионтов. Величина стока обуславливает интенсивность и характер захода производителей рыб в реки. Наконец, речной сток в совокупности с другими элементами водного баланса определяет соленость и ее распределение по акватории моря, уровень воды (прежде всего, во внутриматериковых бессточных водоемах), динамику биогенных элементов в толще воды и, в конечном счете, формирует условия биопродуктивности водных экосистем (Дубинина, 1969, 1972; Дубинина и др., 2011).

В период естественного режима рек размножение рыб в Азово-Донском и Азово-Кубанском районах обеспечивало воспроизводство достаточно мощных поколений полупроходных и проходных рыб, уловы которых в среднем составляли 76 тыс. т/год (1930-1952 гг.), достигая в отдельные годы 167 тыс. т/год (1936 г.).

Каспийское море всегда занимало ведущее место среди внутренних водных объектов бывшего СССР и обеспечивало до 40% уловов рыбы. В 30-40-е годы уловы достигали 400-500 тыс. т и состояли в основном из частичковых, осетровых и других рыб с небольшим приловом обыкновенной кильки (Марти, 1974). В Каспийском море было сосредоточено до 90% мировых запасов осетровых. Наиболее высокие их уловы отмечались в 1903 г., достигая 39.4 тыс. т (Научные основы ..., 1998), в 1975-1986 гг. они составляли 20-27 тыс. т (Иванов, Мажник, 1997).

Высокий уровень негативного воздействия на водные объекты и их экосистемы является проблемой, требующей особого внимания. Создание каскада водохранилищ на реках коренным образом нарушило экологическое состояние уникальных биоценозов и биотопов в поймах, устьях и дельтах южных и сибирских рек. Положение усугубляется безвозвратным изъятием речного стока, прежде всего, в южных регионах.

Возведение плотин в бассейнах рек привело, прежде всего, к деформации стока и потере нерестилищ. Практически полностью прекратилось естественное воспроизводство белуги на реках Волга, Дон и Кубань. В бассейне Волги полностью ликвидированы нерестилища белорыбицы, более чем на 80% уменьшились нерестилища осетра, на 60% – севрюги (Хорошко, 1970; Власенко, 1979). На Дону Цимлянской плотиной было отсечено 80% нерестилищ осетра, 50% – сельди и севрюги. На Кубани выше Краснодарского гидроузла остались отрезанными от мест нагула все нерестовые площади севрюги, рыбца, шемаи (Бойко, Наумова, 1960; Макаров, 1964, 1970; Воловик, 1986). На Оби сократились на 40% нерестилища осетра и на 70% – нельмы.

При проектировании ГЭС на территории Российской Федерации предполагалось, что в создавшихся водохранилищах, занимающих сотни тысяч гектаров водной поверхности, можно будет получить значительные запасы промысловых видов рыб и тем самым компенсировать в некоторой степени потери рыбного хозяйства. Однако, в целом, большие надежды на создание в водохранилищах мощных стад промысловых рыб, способных дать значительные уловы, не оправдались. Фактические уловы промысловых рыб в водохранилищах оказались в 5 раз ниже планировавшихся. В последние десятилетия основу ихтиоценозов водохранилищ составляют лещ, густера, судак, щука, плотва и синец.

При проектировании Цимлянского гидроузла была полностью исключена экологическая составляющая проекта. Сохранение высокого уровня рыбопродуктивности водных экосистем бассейна Азовского моря и пополнение популяций ценных рыб предполагалось путем искусственного выращивания их молоди (промышленное воспроизводство). Поэтому в Правилах эксплуатации водных ресурсов Цимлянского водохранилища (Основные положения ..., 1965) не были предусмотрены рыбохозяйственные попуски для естественного размножения рыб.

Значительное негативное влияние на экосистемы рек в результате строительства плотин и создания водохранилищ подорвало промысловые запасы рыб в основных бассейнах страны, прежде всего, проходных и полупроходных пород. В современный период уловы этих рыб в зависимости от вида снизились в сотни и тысячи раз, практически утрачены популяции уникальных видов осетровых рыб и подорваны популяции белуги и севрюги в южных морях. Вылов осетровых в Азово-Черноморском и Каспийском рыбохозяйственных бассейнах разрешен только для искусственного воспроизводства и научных целей. С 2016 г. запрещен промысел и любительский вылов судака в Азово-Черноморском бассейне. Возникла новая проблема – нехватка производителей рыб для искусственного

воспроизводства. В бассейнах Енисея и Ангары по частоте встречаемости, а также по численности и биомассе доминируют в настоящее время малоценные виды – плотва и окунь.

Появились значительные проблемы с сохранением естественных популяций ценных видов рыб, возникла угроза утраты их генофонда и способности к естественному воспроизводству, что создает угрозу исчезновения ранее многочисленных видов рыб и водных беспозвоночных. Обеднение видового состава делает водные экосистемы неустойчивыми к воздействию различных природных и антропогенных факторов.

Приоритет развития экономики и недостаточное внимание к его экологическим последствиям ведет к разработке и осуществлению в водных объектах потенциально экологически опасных проектов. Поэтому можно сказать, что существующая нормативно-правовая база в сфере рыбохозяйственной и природоохранной деятельности не позволяет адекватно предотвратить реализацию наиболее опасных проектов и компенсировать размер нанесенного вреда, что связано с несовершенством этой базы.

Основным документом, на основании которого осуществляется управление водохранилищами, являются Правила использования водохранилищ (Постановление Правительства Российской Федерации от 22 апреля 2009 г. №349; далее Правила). Они включают правила использования водных ресурсов водохранилищ (ПИВР), определяющие режим их использования, в том числе режим наполнения и сброски водохранилищ, и правила технической эксплуатации и благоустройства водохранилищ, определяющие порядок использования их дна и берегов.

В составе ПИВР разрабатываются диспетчерские правила в виде графиков, задача которых – дать конкретные рекомендации по назначению режима работы сооружений в зависимости от запаса воды в водохранилище на момент принятия решения.

Ныне действующие ПИВР не учитывают в полной мере рыбохозяйственные требования, как в части необходимых объемов и сроков попусков в нижние бьефы гидроузлов (и самое главное, они не отражены в диспетчерских графиках), так и в части регулирования сброски уровня в самих водохранилищах.

В тоже время, в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации о животном мире, об охране окружающей среды, о рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов при осуществлении хозяйственной деятельности (Федеральный закон ..., 1995, 2002, 2004), в том числе при эксплуатации гидроэлектростанций должны предусматриваться меры по сохранению водных объектов, водных биологических ресурсов, водного режима, должны проводиться мероприятия по сохранению среды обитания объектов животного мира и условий их размножения, нагула и путей миграции, а также должен соблюдаться приоритет сохранения благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов. Однако на практике эти меры зачастую не реализуются и просто игнорируются.

Одна из необходимых мер сохранения и восстановления популяций проходных и полупроходных рыб – обеспечение эколого-рыбохозяйственных попусков в годы различной водности, разработанные рыбохозяйственными институтами, а также введение специального режима хозяйственного использования пойм.

В настоящее время разработку, согласование и утверждение правил использования водохранилищ, включенных в Перечень водохранилищ (далее – Перечень), утвержденных распоряжением Правительства РФ от 14 февраля 2009 г. № 197-р (Об утверждении перечня ..., 2009), осуществляет Федеральное агентство водных ресурсов в соответствии с методическими рекомендациями, утвержденными Министерством природы России. Проекты правил водохранилищ подлежат согласованию с уполномоченными органами исполнительной власти, в том числе с Росрыболовством.

Перечень водохранилищ, в отношении которых осуществляется индивидуальная

разработка правил их использования, включает 354 водохранилища (287 проектов Правил в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 26.07. 2017). Задача Росрыболовства – более решительно отстаивать интересы рыбной отрасли и добиваться включения рыбохозяйственных попусков в диспетчерские графики Правил использования водных ресурсов, и только при этом условии следует их согласовывать. К сожалению, ведомство не готово на достойном уровне рассматривать ПИВРы, поскольку отраслевым институтам, в свое время, не были включены в планы работ темы по разработке рыбохозяйственных требований к конкретным водохранилищам. По состоянию на конец 2018 года рассмотрено 260 из 287 проектов Правил, при этом согласован 91 (35%) проект, остальные направлены в Росводресурсы на доработку.

Впервые гидрографы рыбохозяйственных попусков в разные по водности годы были разработаны автором еще в 70-х годах прошлого столетия на примере Цимлянского водохранилища (Дубинина, 1968, 1969, 1972, 1978; Дубинина, Козлитина, 1971, 1976), затем дополнены (Дубинина, Баскакова, 1989), а позже – подтверждены (Dubinina, Kozlitina, 2000; Дубинина и др., 2015; Дубинина, Жукова, 2016; Дубинина, 2018).

Впоследствии этот подход был использован для разработки требований к водным ресурсам Кубани (Гаргопа, 1979; Чебанов, 1989) и Нижней Волги (Астахова, Катунин, 1971; Павлов и др., 1989; Катунин и др., 1990, 2001).

Рыбное хозяйство занимает особое положение среди участников водохозяйственного комплекса бассейнов водных объектов. В отличие от орошаемого земледелия, судоходства, гидроэнергетики и других отраслей хозяйства, оно (главным образом для естественного воспроизводства) заинтересовано в максимально возможном сохранении исторически сложившихся экологических условий жизни рыб в руслах рек, лиманах, озерах и морях.

Кроме того, такие объекты экономики, как водный транспорт, могут быть заменены железнодорожным или трубопроводами, а гидроэнергетика – тепловыми и атомными станциями; водные же биоресурсы не имеют альтернативы.

Искусственное воспроизводство оказалось недостаточно эффективным для восполнения потерь водных биоресурсов, поскольку объемы выпуска молоди рыб рыбоводными предприятиями не могут конкурировать с масштабами естественного воспроизводства. При этом искусственное воспроизводство рыб еще не может обходиться без сохранения естественных запасов рыб, так как для его существования необходимы дикие производители рыб, сохранение многовозрастной структуры стад и генетическое разнообразие.

С нашей точки зрения, естественное воспроизводство является основной из мер восстановления рыбных запасов водных экосистем бассейнов Азовского и Каспийского морей.

Материалы и методика

При выполнении исследований использованы следующие многолетние данные:

- естественный (восстановленный) гидрологический ряд (по водохозяйственным годам) в расчетном створе р. Дон-ст. Раздорская за период 1891/92-1989/90 гг. и величины фактического стока реки до и после его зарегулирования (1900-2016 гг.);
- расход, сток и уровни воды, а также их внутригодовое распределение (гидрограф) в годы различной обеспеченности; сроки весеннего половодья;
- площадь затопления поймы и дельты;
- характеристика водного режима русловых и пойменных нерестилищ (скорость течения, глубина, температура и др.);
- динамика численности популяций рыб, характеристика численности молоди конкретного года рождения («урожайность» поколения), промысловый возврат (величина вылова рыб одного поколения в течение всего жизненного цикла), запасы промысловых рыб.

В ходе анализа были получены графоаналитические однофакторные зависимости нелинейного или линейного видов, результаты многофакторного регрессионного анализа, описывающие зависимость «урожайности» поколений, промысловых запасов и промысловых возвратов полупроходных видов рыб от характеристик гидрологического режима. При установлении зависимостей проведена разбивка всей выборки на характерные периоды по степени регулирования и истощения водных ресурсов с обязательным выделением «условно естественного» периода, который характеризуется отсутствием зарегулирования стока, незначительным водопотреблением и малым загрязнением воды.

На основе данных о численности сеголетков основных промысловых видов рыб (судак, лещ, осетр) за условно-естественный период (1920-1951 гг.) построены кривые обеспеченности урожайности, по которым определены границы численности поколений сеголетков различной урожайности: высокоурожайные поколения – с численностью не менее значения соответствующего 25%-ой обеспеченности; урожайные – с численностью не менее значения соответствующего 26-50%-ой обеспеченности; среднеурожайные – с численностью не менее значения соответствующего 51-75%-ой обеспеченности и низкоурожайные поколения с численностью соответствующего значению более 76%-ой обеспеченности.

Для получения количественной связи между термическим режимом и эффективностью размножения полупроходных рыб (на примере донского судака) использованы средняя температура воздуха за зимний период, даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 10°C и минимальной температуры через 8°C, рассмотрены суточные амплитуды колебания температуры. При этом анализировались только те годы, когда был обеспечен один из решающих факторов – нормальное обводнение донской поймы.

При формировании эколого-рыбохозяйственного попуска учитывались следующие условия:

- возможность прохода производителей рыб к местам нереста в период массового нерестового хода;
- затопление необходимых площадей пойменных нерестилищ в требуемые сроки с учетом необходимого температурного режима;
- обеспечение продолжительности затопления пойменных нерестилищ, необходимой для достижения молодью рыб жизнестойких (покатных) стадий;
- обеспечение ската молоди рыб с пойменных нерестилищ в реку и условий среды обитания молоди и взрослых рыб и других гидробионтов в замыкающем водном объекте (залив, море).

Обоснование рыбохозяйственных попусков базировалось на результатах исследования особенностей экологии рыб и математической статистики, а также применения метода Монте-Карло.

В качестве биологического тест-объекта были выбраны представители массовых популяций ценных полупроходных рыб Азовского моря, в наибольшей мере связанных с режимом и характером обводнения донской поймы – судак и лещ. Из проходных рыб рассматривалась только популяция осетра, поскольку после зарегулирования стока р. Дон нерест белуги и донской севрюги практически отсутствует.

Методы будут рассмотрены собственно в статье по мере обращения к ним.

Результаты и обсуждения

Особенности экологии рыб и обоснование требований рыбного хозяйства к использованию водных ресурсов Цимлянского водохранилища

Нижний Дон, согласно «Показателям состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов» (ГОСТ 17.1.2.04-77) и Приказу Росрыболовства от 17 сентября 2009 г.

(зарегистрирован Минюстом России от 9 октября 2009 г. № 14990; Об установлении категорий ..., 2009), является водным объектом высшей категории, который используется или может быть использован для добычи особо ценных и ценных видов водных биоресурсов, является местом их размножения, зимовки, массового нагула, путей миграции, искусственного воспроизводства.

В пойме Дона в период весеннего половодья происходит нерест полупроходных (судак, лещ, сазан) и туводных рыб. Главную роль в воспроизводстве полупроходных рыб Азово-Донского района играет участок поймы от станицы Кочетовской до устья Дона общей площадью 220 тыс. га (без русла Дона). На этом участке выделяются 7 займищ (рис. 1), представляющих собой временно затопливаемые низины поймы реки: Кочетовское, Аксайское – на правобережной пойме; Сальское, Сусатско-Подпольнинское, Манычское, Ольгинское и Койсугское – на левобережной пойме. Существенную роль в воспроизводстве рыб играют также пойменные пространства дельты Дона общей площадью 46 тыс. га.

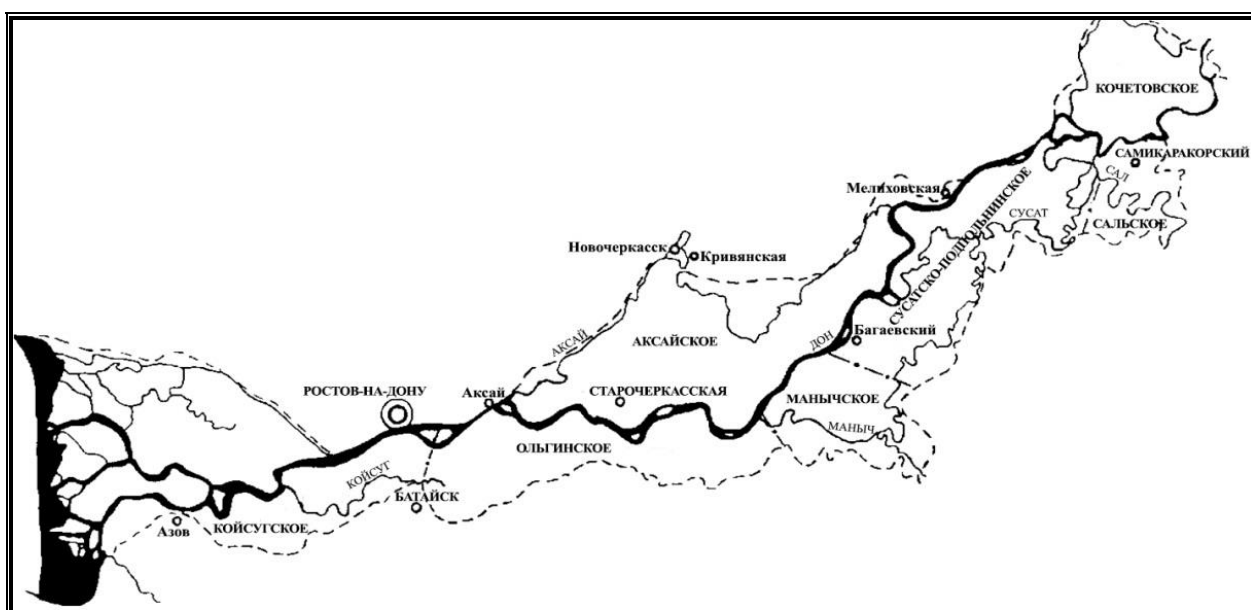


Рис. 1. Схема займищ в пойме Нижнего Дона. **Fig. 1.** Map of water-meadows in Lower Don floodplain.

Переходя к изучению водного режима поймы Нижнего Дона в естественных условиях (Дубинина, 1969, 1972, 1973, 1973а, 1978; Бронфман и др., 1979), следует указать, что при повышении уровня Дона весной вначале заполняются водой протоки, ерики, старицы, музги и др. При достижении определенных отметок (табл. 1) происходит выход воды на пойму. Начало затопления поймы, расположенной выше устья Северского Донца, происходит при достижении расходов $1700 \text{ м}^3/\text{с}$, ниже створа Кочетовской до дельты – при расходах от 1200 до $2200 \text{ м}^3/\text{с}$. В среднем начале затопления поймы соответствует расход $1800 \text{ м}^3/\text{с}$ в створе станицы Раздорской (табл. 2).

Характерной чертой обводнения поймы Нижнего Дона является быстрый прирост затопляемой территории, площадь которой уже при расходах воды $2000 \text{ м}^3/\text{с}$ возрастает до 100 тыс. га. При повышении расхода до $3000 \text{ м}^3/\text{с}$ затопленные пространства увеличиваются до 230 тыс. га. При максимальных расходах воды в Дону ($Q=13500 \text{ м}^3/\text{с}$, 1917 г.) площадь обводняемой поймы ниже Цимлянской плотины достигала 329.3 тыс. га.

В условно естественный период (характеризуется отсутствием зарегулирования стока, незначительным водопотреблением и загрязнением воды) 1921-1951 гг., в годы затопления

средняя площадь поймы, лежащей от устья Северского Донца до дельты, составляла 115-120 тыс. га (табл. 2, 3), а на участке от Цимлянской плотины до устья – 220 тыс. га.

По среднесуточным данным, выход воды на пойму наблюдался 30 марта, период обводнения в среднем составлял 50 суток.

Таблица 1. Уровни воды, при которых происходит выход воды на пойму Нижнего Дона.

Table 1. Water levels at which water overflows in Lower Don floodplain.

Водомерный пост	Отметка над нулем графика, см		Пойма (район затопления)
	Гидрологический ежегодник ... (1963)	Данные А.Ф. Са- мохина (1940)	
Станица Камышевская	500-520	–	–
Станица Николаевская	430	–	–
Посёлок Константиновский	490	476	–
Станица Мелиховская	569	563	Левобережная
Станица Раздорская	370	400	Левобережная
Посёлок Багаевский	300-340	340	Левосторонняя и правосторонняя
Станица Старочеркасская	320-330	320	Правобережная
Станица Старочеркасская	–	403	Левобережная
г. Аксай	210-220	400	Левобережная
г. Ростов-на-Дону	140-150	–	–

Таблица 2. Расход воды, соответствующий началу и полному затоплению поймы.

Table 2. Water consumption when the flooding of a floodplain just begins and when it's absolute.

Участок	Расход, м ³ /с	
	Начало затопления	Полное затопление
От Цимлянской плотины до устья Северского Донца	1700	7000
От устья Северского Донца до пос. Багаевский	1800-2200	7400
От пос. Багаевский до г. Ростов-на-Дону	1800-1300	12000
От г. Ростов-на-Дону до устья Дона	1200	4000

При условно естественном режиме реки повторяемость лет с расходом воды менее 1600 м³/с составляла всего 16%. В 84% случаев водный режим обеспечивал затопление займищ, причем в 77% случаев их площадь достигала 100 тыс. га. Продолжительность обводнения поймы Дона более чем в 80% случаев превышала 30 суток и более чем в 50% случаев составляла 50-60 суток (табл. 4).

Глубина затопления поймы находится в зависимости от объема весеннего половодья и рельефа местности. В связи с чрезвычайно развитой гидрографической сетью займищ в пределах затопленных площадей глубины меняются от 0.3-0.5 до 5.0 м. При экстремальных расходах глубины на различных участках поймы имеют диапазон 2.5-5.0 м. Наибольшей повторяемостью обладают глубины от 0.5 до 2.0 м. Максимальные глубины приурочены к Кочетовскому займищу, а наименьшие относятся к части поймы в створе г. Ростова-на-Дону.

При среднепаводочных расходах, составлявших в период 1921-1951 гг., около 3000 м³/с, слой воды на займищах характеризовался следующими средними величинами: у пос. Константиновский – 0.8-0.9 м, у станицы Раздорская – 1.3-1.4 м, у пос. Багаевский – 0.5-0.6 м, у г. Старочеркасска – 0.5-0.6 м, у г. Аксай – 0.1-0.2 м.

Таблица 3. Характеристика весеннего обводнения поймы Нижнего Дона при условно естественном режиме стока (Дубинина, 1973). **Table 3.** Features of spring flooding of Lower Don floodplain at relatively natural runoff pattern (Дубинина, 1973).

Годы	Сток р. Дон, км ³		Средне-паводочный расход, м ³ /с	Продолжительность, сутки	Дата затопления	Площадь от Северского Донца до Мертвого Донца, тыс. га
	за год	март-май				
1921	17.72	10.48	2420	45	27/III-10/V	85
1922	31.07	18.91	3200	77	12/III-28/V	130
1923	20.13	8.92	2050	38	1/V-7/VI	55
1924	20.88	20.72	3860	64	1/IV-3/VI	150
1925	16.46	5.43	1600	0	–	0
1926	41.70	22.96	3820	78	26/III-11/VI	150
1927	37.83	24.00	4520	70	нет сведений-5/VI	160
1928	34.13	18.97	4070	71	4/IV-13/VI	155
1929	42.27	27.31	5470	73	9/IV-20/VI	165
1930	17.13	8.53	1900	44	30/III-12/V	50
1931	28.10	15.66	2670	76	23/III-6/VI	100
1932	44.59	30.4	4980	70	31/III-8/VI	165
1933	20.16	10.27	2060	33	8/IV-11/V	55
1934	16.79	7.45	1935	47	2/IV-18/V	45
1935	11.67	4.66	830	0	–	0
1936	20.13	11.30	2500	44	18/IV-31/V	90
1937	20.59	10.89	2800	51	20/III-9/V	110
1938	15.55	8.96	2060	35	12/IV-16/V	55
1939	16.87	9.90	2220	39	13/IV-21/V	70
1940	30.21	19.91	3350	64	30/III-1/VI	140
1941	48.74	24.13	4365	75	4/IV-18/VI	160
1942	52.46	36.44	5930	77	5/IV-20/VI	170
1943	16.08	8.00	2045	29	23/IV-21/V	55
1944	17.54	7.52	1420	0	–	0
1945	19.24	10.00	2180	40	18/IV-27/V	65
1946	35.28	22.01	3940	70	28/III-5/VI	155
1947	29.68	17.59	3220	79	14/III-25/V	130
1948	32.06	18.56	3790	58	13/IV-10/VI	150
1949	13.70	7.10	1350	0	–	0
1950	11.79	5.47	820	0	–	0
1951	29.72	19.59	3670	70	16/III-24/V	150
Средняя	26.4	15.73	2940	49	–	95.6
Средняя для лет затопления	27.62	16.99	3270	58	–	115

Таблица 4. Характеристика затопления пойменных нерестилищ Нижнего Дона при условно-естественном режиме Дона в 1921-1951 гг. (Дубинина, 1973). **Table 4.** Features of flooding of the floodplain spawning sites of Lower Don at relatively natural regime of Don in 1921-1951 (Дубинина, 1973).

Среднепаводочный расход воды			Площадь затопления ниже устья Северского Донца до истока рукава Мёртвый Донец			Продолжительность затопления		
Интервал расходов, м ³ /с	Повторяемость, %	Обеспеченность, %	Интервал площади, тыс. га	Повторяемость, %	Обеспеченность, %	Интервал, сут.	Повторяемость, %	Обеспеченность, %
<1600	16.2	100.0	0-50	22.6	100.0	<30	19.4	100.0
1601-2000	6.5	83.8	51-100	29.0	77.4	31-40	16.1	80.6
2001-2500	22.6	77.4	101-150	19.4	48.4	41-50	12.9	64.5
2501-3000	9.7	54.8	151-200	29.0	29.0	51-60	6.4	51.6
3001-3500	9.7	45.1	—	—	—	61-70	19.4	45.2
3501-4000	16.2	35.4	—	—	—	71-80	25.8	25.8
4401-4500	6.4	19.2	—	—	—	—	—	—
4501-5000	6.4	12.8	—	—	—	—	—	—
5001-6000	6.4	6.4	—	—	—	—	—	—

В условиях бытового режима реки скорости течения на пойме в районе пос. Багаевский составляли от 0.11 до 0.77 м/с; в основных ериках Аксайско-Донского займища – 0.2-0.3 м/с; в музгах и на полях максимальные скорости не выходили за пределы 0.05-0.1 м/с (Поляков, 1930). По нашим измерениям в 1963 г., в р. Дон при расходах 5700 м³/с скорости на пойме в районе пос. Багаевский составляли 0.13-0.22 м/с.

К числу промысловых рыб, репродукция которых в наибольшей мере связана с режимом и характером обводнения донской поймы, прежде всего, следует отнести судака, леща и сазана. Воспроизводство судака приурочено главным образом к прирусловой зоне гидрографической сети поймы (русла рукавов, протоков, ериков), лещ же находит необходимый субстрат для нереста в основном на луговой растительности поймы.

После перехода личинок на активное питание кормовая база становится фактором, определяющим эффективность размножения, в частности – мелкие формы зоопланктона. Как показывают имеющиеся материалы (Бойко, 1955; Городничий, 1971), кормовые организмы более активно развиваются на мелководье.

В глубоководных проточных участках пойменных водоемов концентрация кормовых организмов всегда на один-два порядка меньше. Из этого следует, что для обеспечения молоди рыб соответствующей кормовой базой необходимо к моменту перехода личинок на активное питание обводнить все имеющиеся мелководные участки поймы.

Для определения влияния на рыбопродуктивность стока, площади и продолжительности затопления в период температур, благоприятных для нереста и развития личиночных стадий рыб (9.0-19.5°C, табл. 5), были рассмотрены данные об эффективности размножения судака и леща за период с 1923 по 1951 гг. при следующих площадях затопления поймы ниже Цимлянской плотины: 0-100, 101-175 и 175-220 тыс. га (Дубинина, 1973). Полученные материалы показывают, что в маловодные и многоводные годы, как правило, обеспеченностью стока – менее 25%, и в связи со спецификой водного режима поймы ее рыбопродуктивность заметно снижалась (Дубинина, 1973, 1973а; Бронфман и др., 1979;

Павлов и др., 1989; Козлитина и др., 1998).

В маловодные годы, когда обеспечивалось обводнение преимущественно пониженных участков поймы, заросших жесткой растительностью, частично заболоченных, со слабой проточностью и небольшими глубинами, рыбопродуктивность займищ существенно снижалась и промысловый возврат леща и судака составлял 12-17 тыс. т. В многоводные годы обеспеченностью стока менее 25% в связи с высокой мутностью вод, большими глубинами, затоплением остепненных и пахотных земель рыбопродуктивность займищ также оставалась относительно низкой и промысловый возврат леща и судака составлял 22-28 тыс. т.

Вторым важным условием эффективного размножения полупроходных рыб в займищах является продолжительность обводнения последних.

Анализ материалов по эффективности размножения судака на донских займищах показывает, что кратковременное, менее 30 суток, затопление нерестилищ не может обеспечить высоких приплодов, максимальный промысловый возврат судака составляет 14 тыс. т, а в среднем от 4.5 до 5.0 тыс. т.

Длительное затопление поймы (60-70 и более суток) связано или с ранними, или, напротив, с поздними сроками обводнения, не совпадающими с биологическими циклами гидробионтов. Кроме того, чрезмерное обводнение займищ вызывает излишнюю зарастаемость и заболачивание и приводит к снижению рыбопродуктивности.

Таблица 5. Характеристика обводнения поймы Нижнего Дона в период оптимальной температуры для нереста и развития личинок судака при условно-естественном режиме реки (Дубинина, 1978). **Table 5.** Features of watering of Lower Don floodplain during the temperature, optimal for spawning and pikeperch growth at relatively natural river regime (Дубинина, 1978).

Год	Расход воды, м ³ /с	Продолжительность обводнения поймы, сут.	Площадь затопления от устья Северского Донца до устья Дона, тыс.га	Год	Расход воды, м ³ /с	Продолжительность обводнения поймы, сут.	Площадь затопления от устья Северского Донца до устья Дона, тыс. га
1923	2050	38	55	1939	2280	33	70
1924	4405	44	160	1940	3670	48	150
1925	1100	0	0	1941	5025	57	165
1926	4560	48	160	1942	8855	39	170
1927	5100	36	165	1943	2045	29	55
1928	3765	52	150	1944	1280	0	0
1929	6860	43	170	1945	2190	28	65
1930	1910	20	45	1946	4970	40	165
1931	3075	33	120	1947	3730	46	150
1932	6775	40	170	1948	4015	38	155
1933	2360	18	75	1949	1820	8	40
1934	2010	30	55	1950	1200	0	0
1935	1330	0	0	1951	4085	53	155
1936	2650	35	100	среднее	3380	31	100
1937	2785	20	105	среднее	3725		
1938	2130	26	60	для лет затопления			

Обобщенный анализ данных (табл. 2, 3, 4, 5) показывает, что благоприятные условия размножения проходных и полупроходных рыб в пойме и русле Дона с учетом температурного фактора создаются в годы со среднепаводочным расходом 2700-2800 м³/с, продолжительностью не менее 36 суток, при площади нижнедонской поймы (от устья Северского Донца до устья Дона) 120-130 тыс. га и общей продолжительности ее обводнения 50 суток и площади около 200 тыс. га.

При указанном режиме обводнения поймы ежегодный промысловый возврат только леща и судака составлял 36-45 тыс. т.

Следующим фактором, влияющим на воспроизводство рыб, является режим обводнения пойменных нерестилищ; он должен соответствовать экологическим требованиям размножающихся на них рыб.

Прежде всего, гидрограф рыбохозяйственных попусков должен обеспечить заход производителей из моря в реку. Нерестовый ход производителей начинается подо льдом и нарастает к моменту его распада, когда температура воды в Дону достигает 1°C. Массовый ход производителей донских рыб приходится на март-май, однако пики нерестового хода у различных рыб наблюдаются в разное время.

Для выяснения общих закономерностей нерестового хода донских проходных и полупроходных рыб на основании данных об уловах по пятидневкам были построены огибающие кривые интенсивности хода (рис. 2), охватывающие 16-летний период наблюдений (1952-1967 гг.). Как видно из приведенных данных, наиболее растянутый ход наблюдался у донской белуги, которая заходила в Дон практически в течение всего года. Нерестовый ход белуги имел несколько вершин, наиболее значительные из которых приходились на январь и август.

Лещ заходит в Дон, начиная с января; пик его нерестового хода самый ранний и приходится на 25 марта. Донской судак также начинает ход в январе, однако максимум нерестового хода у него приходится на 20 апреля. Следующим заходит в Дон осетр, начало хода которого приходится примерно на 1 февраля, а пик – на 25 апреля. Позже всех начинается миграция у донской севрюги с максимумом хода в двадцатых числах мая.

На основании выявленных закономерностей нерестового хода производителей различных видов рыб были установлены ординаты восходящей ветви гидрографа рыбохозяйственного попуска (рис. 2а), связывающие период санитарных попусков с началом подачи воды на размножение рыб.

Среди массовых ценных рыб Азовско-Донского района раньше других нерестился судак (при повышении воды в Дону до 9°C). Эту температуру воды представляется возможным принять за начало периода размножения рыб; к моменту перехода температуры воды через 9°C определенная часть поймы должна быть затоплена. Обычно дата устойчивого перехода воды через 9°C наблюдается в конце второй декады апреля с колебаниями от 1 до 30 апреля.

Исходя из скорости затопления поймы и рассредоточения рыб на нерестилищах, можно принять, что начало их обводнения должно приходиться на 8-10 апреля.

Наиболее благоприятный режим для размножения рыб складывается при неуклонном нарастании расходов воды от марта к маю. Как отмечает А.Е. Городничий (1971), при бытовом режиме Дона площади нерестилищ постоянно расширялись, возрастала их глубина и условия для развития икры становились более благоприятными.

Специальные исследования, проведенные с целью уточнения закономерностей формирования продуктивности выростных водоемов, также свидетельствуют о том, что поэтапное затопление площадей приводит к пополнению энергетических ресурсов в водоемах за счет биогенных компонентов донских вод и мобилизации автохтонных веществ обводняемых территорий. Как результат указанного процесса, в водоемах происходит более интенсивное развитие бактерио-, фито- и кормового зоопланктона, обеспечивающее

увеличение их продуктивности.

В свете изложенного представляется необходимым постепенное затопление нерестилищ с достижением максимальных площадей к периоду активного питания молоди рыб (1 декада мая).

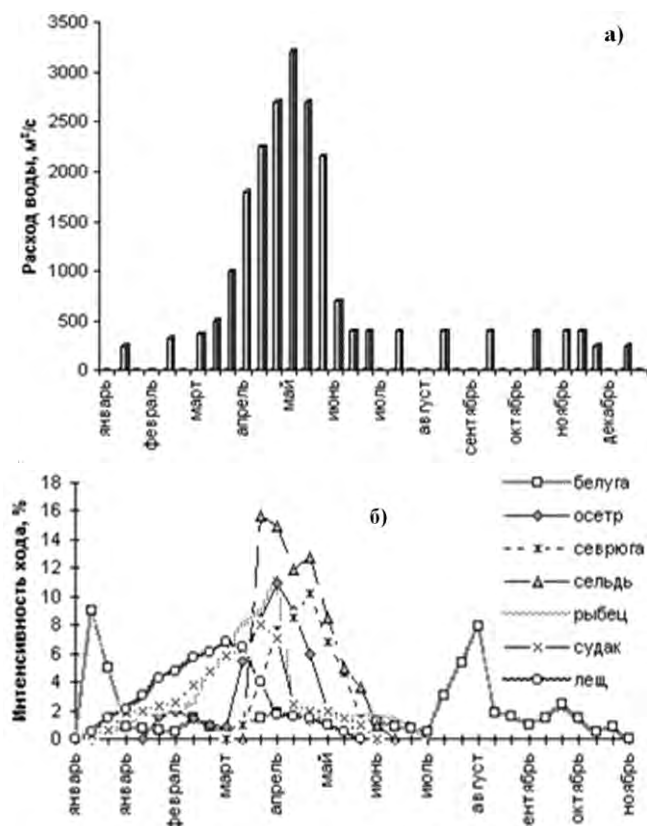


Рис. 2. Рыбохозяйственный попуск р. Дон 50% обеспеченности в Азовское море (а), интенсивность нерестового хода донских рыб (б). **Fig. 2.** Fishery Don augmentation with 50% probability into Azov Sea (a), intensity of Don fish spawning (б).

Расчёт рыбохозяйственного попуска (створ станицы Раздорской)

Месяц	Декада	Расход, м³/с	Сток, км³	
			декада	месяц
Январь		250		0.67
Февраль		330		0.80
Март	1	350	0.30	1.51
	2	400	0.35	
	3	1000	0.86	
Апрель	1	1800	1.55	5.82
	2	2250	1.91	
	3	2700	2.33	
Май	1	3200	2.76	6.96
	2	2700	2.33	
	3	2150	1.99	
Июнь	1	700	0.60	1.28
	2	400	0.34	
	3	400	0.34	
Июль		400	0.34	1.07
Август		400	0.34	1.07
Сентябрь		400	0.34	1.07
Октябрь		400	0.34	1.07
Ноябрь	1	400	0.34	0.92
	2	400	0.34	
	3	250	0.22	
Декабрь		250		0.67
Всего (1 марта – 10 июня)				14.5
Всего за год				22.9

Заканчивается нерест и нагул большинства рыб на донских нерестилищах в последних числах мая. К этому времени среднесуточная температура воды в Дону повышается до 19.5°C, а воздуха – до 20-21°C при максимальных значениях последней 25-26°C. С ростом температуры воды на нерестилищах резко снижаются биомасса и численность кормовых организмов (Мордухай-Болтовской, 1954), ухудшается газовый режим. В дневные часы температура воды превышает оптимум для личинок рыб. С этого времени начинается массовый скат молоди рыб, который заканчивается в конце первой декады июня. Учитывая изложенное, за конец периода обводнения донской поймы можно принять дату устойчивого перехода температуры воды в Дону через 19.5°C, что соответствует 30 мая.

Рыбохозяйственный попуск в низовья Дона, учитывающий экологические требования размножения полупроходных и проходных рыб для лет с 50% обеспеченностью стока, должен учитывать (в створе станица Раздорская) следующие условия (Дубинина, 1969, 1978; Дубинина, Баскакова, 1989; Дубинина и др., 2015):

– начиная с даты перехода температуры воды через 1°C расход в реке Дон должен постепенно повышаться от 250 м³/с в середине марта до 1000 м³/с в конце, чтобы к началу

наступления нерестовых температур (9°C) в створе ст. Раздорской он достиг $2000 \text{ м}^3/\text{с}$ (к 10 апреля);

– затопление займищ, являющихся нерестилищами судака, леща, сазана, должно производиться постепенно с достижением максимальных площадей расходов ($3200 \text{ м}^3/\text{с}$) к периоду активного питания молоди (1-10 мая);

– в последующем к моменту перехода температуры воды в р. Дон через 19.5°C (30 мая) расходы должны быть снижены до $1800 \text{ м}^3/\text{с}$;

– к 10 июня сброс воды из Цимлянского водохранилища необходимо довести до навигационных попусков;

– общая продолжительность обводнения займищ должна быть не менее 50 суток, площадь затопления поймы ниже устья Северского Донца до истока р. Мертвый Донец – 90-100 тыс. га.

Объем расчетного гидрографа с 1 марта по 10 июня – 14.5 км^3 .

Приведенные выше сроки наступления нерестовых температур, начало и конец затопления поймы указаны для средних условий. В каждом конкретном году координаты гидрографа должны корректироваться в зависимости от термического режима.

Указанный гидрограф, разработанный с учетом экологических требований для леща и судака, удовлетворяет также и условиям воспроизводства осетровых. Нерестилища проходных рыб приурочены к смоченному периметру основного русла и периодическому затоплению его боковых склонов, сложенных каменисто-галечным грунтом. Выполненные проработки показывают, что при увеличении попусков до 1500 и $2000 \text{ м}^3/\text{с}$ горизонты воды возрастают относительно уровня (отмеченного при расходе $500 \text{ м}^3/\text{с}$), соответственно, на 1.6-2.2 и 2.5-3.0 м, затопляя практически все нерестилища осетровых, расположенные ниже Цимлянской плотины. Однако необходимо отметить, что в многоводные годы при расходах порядка $3000 \text{ м}^3/\text{с}$ и выше урожайность осетровых возрастает в сотни раз, поскольку в этом случае вступает в силу такой положительный фактор, как рассредоточение рыб-бентофагов, выедающих икру осетровых на нерестилищах. Кроме того, согласно данным А.А. Корнеева и Т.Е. Баскаковой (1984), повышению эффективности воспроизводства осетра способствует выход его молоди на пойму при условии ее обводнения. Авторы показали, что в годы с весенним стоком меньше 7.5 км^3 возможен низкий уровень воспроизводства; со стоком 7.5 - 12.5 км^3 – средний и только при стоке более 12.5 км^3 – высокий уровень воспроизводства. Примером могут служить высокоурожайные поколения осетра 1963 и 1979 гг. (весенний сток – 19.1 и 19.6 км^3 соответственно).

Высокоурожайные поколения осетра появляются в годы, когда выполняются следующие требования (Корнеев, Баскакова, 1984; Козлитина и др., 1998):

– многоводность р. Дон;

– в нересте участвуют самки высокоурожайного поколения;

– в нересте участвуют самки второго или третьего созревания.

В связи с указанными требованиями и на основании данных об интенсивности хода производителей определена дата установки низконапорных плотин в маловодные годы – не ранее 5 июня, а в средние и многоводные годы – 10 июня, укладки плотин – 30 ноября. Для обеспечения ската молоди и производителей в течение всего вегетационного периода необходимо предусмотреть открытие одного или двух пролетов водосборной плотины на высоту не менее одного метра.

В «Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна Азовского моря» (1972) предусматривался рыбохозяйственный попуск из Цимлянского водохранилища для полупроходных рыб в объеме не менее 12.2 км^3 с повторяемостью 60% и для осетровых в объеме 5.0 км^3 с повторяемостью 95%. Однако последующие исследования (Корнеев, Баскакова, 1984) показали несостоятельность требования минимального стока объемом

5.0 км³ как удовлетворяющего естественному размножению осетровых.

В дальнейшем (Дубинина, Баскакова, 1989) был определен объем рыбохозяйственных попусков (март-май): 50% обеспеченности – 14.2 км³, 60% – 12.2 км³, 75% – 10.6 км³ и продолжительностью затопления нерестилищ 50-40 суток (рис. 3).

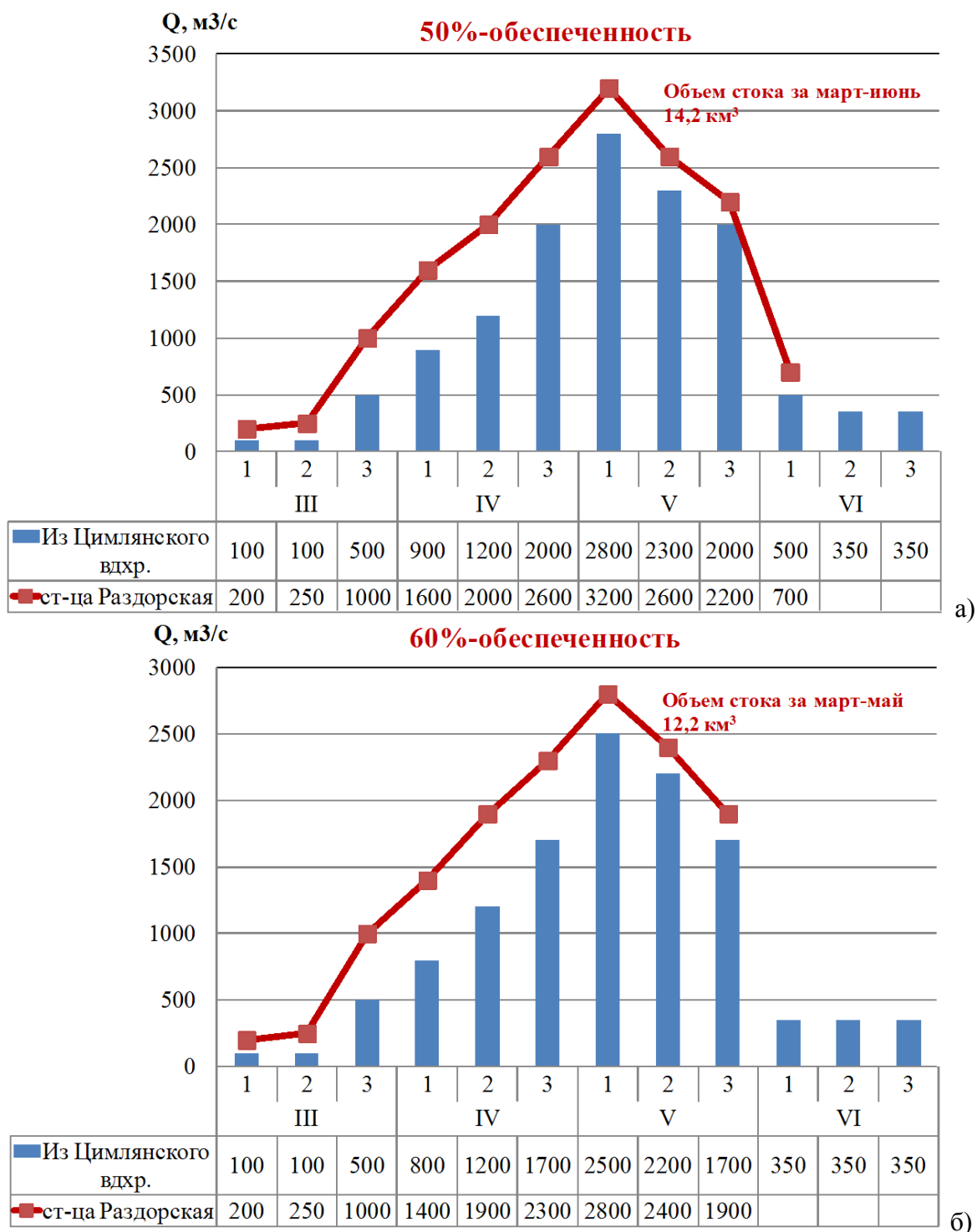
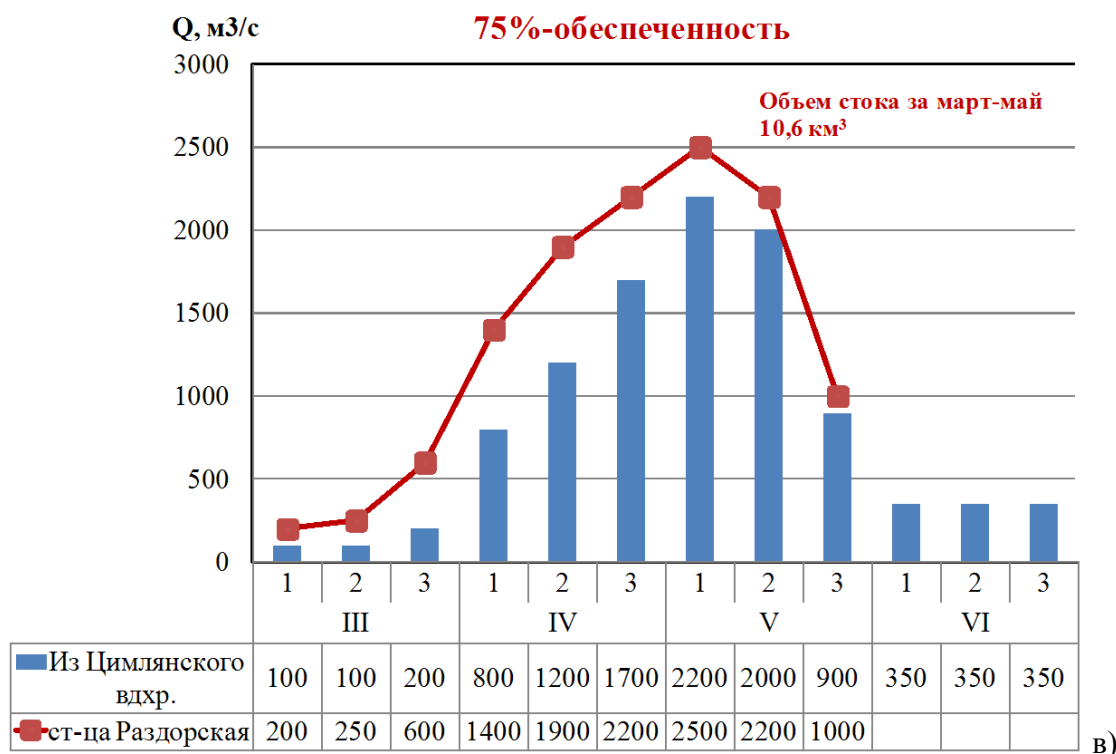


Рис. 3 а, б. Гидрографы эколого-рыбохозяйственных попусков в Низовьях Дона для лет различной обеспеченности по стоку: а) – 50% обеспеченности, б) – 60% обеспеченности.

Fig. 3 а, б. Hydrographs of ecological-fishery augmentation for the years of different availability of water runoff: а) – 50% of water availability, б) – 60% of water availability.



в)

Рис. 3 в. Гидрографы эколого-рыбохозяйственных попусков в Низовьях Дона для лет различной обеспеченности по стоку: в) – 75% обеспеченности. **Fig. 3 в.** Hydrographs of ecological-fishery augmentation for the years of different availability of water runoff: в) – 75% of water availability.

Обоснование рыбохозяйственных попусков математическими методами

Для проверки обоснованности использования подхода к расчету эколого-рыбохозяйственных попусков в низовья р. Дон были использованы результаты статистического моделирования с привлечением возможно большего числа параметров, значение которых в процессе воспроизводства было доказано специальными построениями (Дубинина, 1969, 1969а, 1972; Дубинина и др., 1972; Дубинина, Домбровский, 1975; Дубинина, Козлитина, 1976; рис. 4).

Целевая постановка задачи предполагала определение вероятности (Р) получения величины промыслового возврата судака (Y) не ниже некоторого фиксированного его уровня (Y₀) для различных значений выбранных параметров.

В наших исследованиях заданные уровни промыслового возврата судака, исходя из данных о динамике его численности в период 1923-1951 гг., были приняты: Y₀₁=5.0, Y₀₂=11.2, Y₀₃=17.4, Y₀₄=23.6 млн. штук. В связи с тем что выборка из генеральной совокупности сравнительно невелика, верхняя граница зафиксированного максимума (Y₀₄) была увеличена на 10%.

Процесс размножения рыб можно разделить на ряд связанных между собой элементов: заход на нерестилища производителей, их нерест, развитие икры, нагул личинок и молоди на пойме, последующий скат в море молоди и отнерестившихся производителей.

Все перечисленные этапы размножения рыб находятся в большой зависимости от скорости течения воды в реке, сроков и продолжительности затопления нерестилищ, термического режима на них, их морфометрических параметров. Кроме того, на эффективность воспроизводства рыб оказывают влияние условия существования

производителей и молоди рыб в местах нагула (в данном случае в Таганрогском заливе и Азовском море), а также состояние кормовой базы на местах развития молоди – займищах, лиманах и в море.

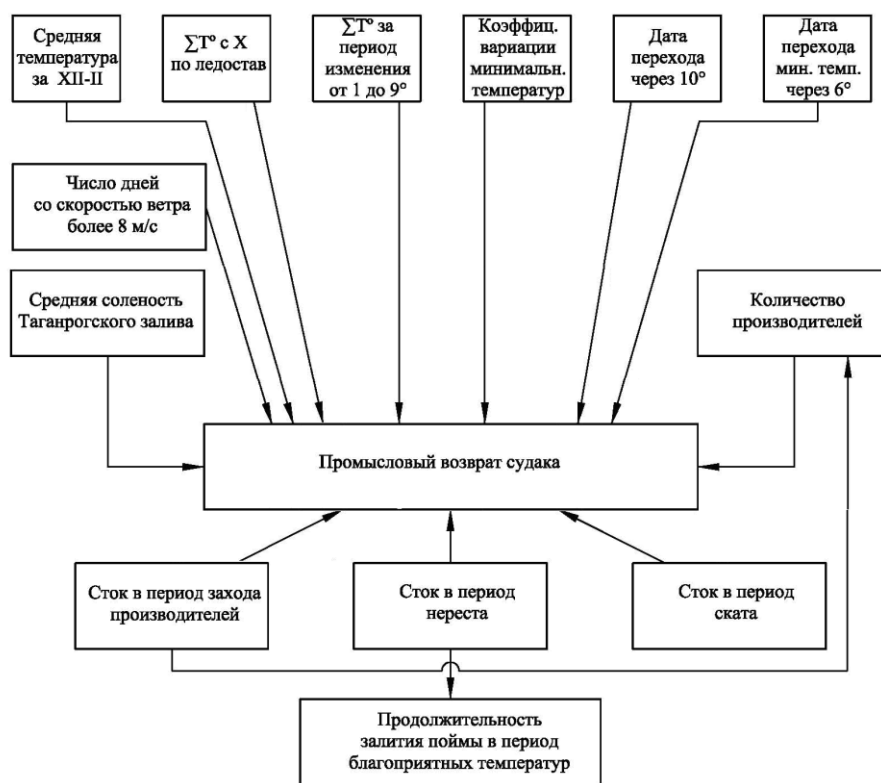


Рис. 4. Блок-схема статистического моделирования промыслового возврата донского судака.
Рис. 4. Flowchart of statistic modelling of Don pikeperch yield to the fishery.

Как описано выше, рыбопродуктивность донских займищ зависит от их площади, продолжительности затопления и температурного режима весны. Было выявлено, что даже при благоприятных показателях обводнения займищ результаты нереста в значительной мере лимитируются термическими условиями. В связи с этим подробно исследовались закономерности изменения температуры воздуха и воды во времени и их влияние на урожайность полупроходных рыб (Дубинина, Спичак, 1967; Дубинина, 1968, 1969, 1969а; Богучарсков, Иванов, 1979).

Для выяснения влияния термического режима на эффективность размножения донского судака были использованы такие имеющие определенную биологическую значимость показатели, как средняя температура воздуха за зимний период, даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 10°C и минимальной – через 8°C, рассмотрены суточные амплитуды колебания. Причем анализировались только те годы, когда был обеспечен один из решающих факторов – нормальное обводнение поймы. В этих условиях эффективность размножения мало зависела от продолжительности затопления и определялась в основном температурным режимом весны.

В урожайные по судаку годы средняя температура воздуха в зимний период обычно ниже, чем в неурожайные, и, соответственно, составляет в среднем 4.6°C и 2.5°C. Первая и вторая декады апреля урожайных лет выделяются более низкой температурой, чем неурожайных. В эти годы устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 10°C происходит, как правило, в первой, чаще – во второй декаде мая.

В неурожайные годы устойчивый переход температуры через 10°C происходит в более ранние сроки – в третьей декаде апреля или первой декаде мая. Переход же минимальной температуры через 8°C может задерживаться даже до июня. Растянутый период теплонакопления является характерным для неурожайных лет.

При наступлении нереста судака (обычно третья декада апреля) особенно опасны резкие колебания температуры. По данным М.А. Полтавчука (1965) и О.Д. Романычевой (1966), оптимальная для размножения судака температура воды лежит в пределах 10-18°C. В ранние и, как правило, продолжительные весны с неустойчивым термическим режимом и возвратами холодов наблюдаются резкие суточные колебания температуры воздуха, ее суточная амплитуда может превышать 15°C. Такие годы обычно бывают неурожайными по судаку. Примером могут служить следующие после мягких зим весны 1947 и 1948 гг., когда в период нереста и на ранних стадиях развития личинок судака изменение температуры воздуха было скачкообразным, а ее минимальное значение снижалось до 1.6°C (15 мая 1947 г.)

Напротив, в урожайные годы в нерестовый период резких колебаний температуры воздуха не наблюдается и накопление тепла происходит относительно равномерно. В отдельных случаях отмечается снижение температуры воздуха, но ее минимальное значение не выходит из оптимальных пределов, поэтому она не оказывает отрицательного влияния на естественное размножение рыб.

К сожалению, надежные характеристики многих абиотических и биотических ингредиентов, влияющих на эффективность размножения рыб на Дону, кроме гидрометеорологических, отсутствуют, в связи с чем мы в большинстве случаев использовали косвенные показатели. Так, для оценки условий нагула рыб в Таганрогском заливе мы изучали величину солености воды, которая определяет площади нагула молоди и взрослых рыб.

Для характеристики вертикального водообмена, во многом определяющего газовый режим, состояние грунтов, прозрачность и мутность воды, перенос материальных ресурсов в зону активного фотосинтеза и т.д., использовался такой показатель, как число дней со скоростью ветра 8 м/с и более. Помимо этого, исходя из характера термического режима в зимне-весенний период, учитывалась продолжительность преднерестового нагула рыб в море.

Зависимость величин промыслового возврата (Y) от выбранных абиотических и биотических параметров была представлена расширенным уравнением множественной корреляции вида:

$$Y = \sum a_i u_i + \sum b_j x_j + c n + a_0, \quad (i=1, 2, 3; j=1, 2, 3 \dots 9),$$

где Y – промысловый возврат судака; a_i , b_j , c – коэффициенты уравнения регрессии; u_1 , u_2 , u_3 – сток Дона во время захода производителей на нерест, во время нереста (при $t=9-19.5^\circ\text{C}$), за время ската личинок и производителей, км³; x_1 – время затопления поймы с учетом благоприятной для нереста температуры ($t=9-19.5^\circ\text{C}$); x_2 , x_3 – дата устойчивого перехода минимальной температуры воздуха через 8°C и среднесуточной температуры – через 10°C; x_4 – средняя температура за зиму; x_5 – коэффициент вариации минимальной температуры воздуха за время нереста; x_6 – сумма среднесуточных температур в Дону от 1°C до 9°C (за время захода производителей на нерест); x_7 – сумма среднесуточных температур воды в заливе за период осеннего их понижения от 9°C до 1°C; x_8 – соленость воды восточной части Таганрогского залива летом, ‰; x_9 – число дней со скоростью ветра ≥ 8 м/с за летний период над акваторией Азовского моря; n – количество производителей, идущих на нерест; a_0 – свободный член.

Величины u_i в условиях зарегулированного режима Дона являются управляемыми, x_j –

независимые случайные факторы с равномерным законом распределения в интервале $[a_i, b_i]$. Информационный ряд получен по материалам наблюдений 1923-1951 гг.

Средняя относительная ошибка аппроксимации эмпирического ряда составила 17.1%. Коэффициент множественной корреляции $r=0.85$; стандартная ошибка коэффициента множественной корреляции $\sigma_r=0.074$.

Полученная корреляционная связь и достаточно высокие частные коэффициенты корреляции подтвердили правильность построений и определили группу факторов, наиболее значимых для процесса формирования урожайности поколений судака.

Вычисление частных коэффициентов и проверка по критерию Стьюдента показали малую значимость параметров, характеризующих температуру воды при заходе производителей на нерест (x_6) и в период осеннего выхоложивания (x_7), которые из последующих расчетов были исключены. Исследованиями установлено, что эффективность размножения рыб в пойме Дона в основном зависит от объема стока в характерные фазы нереста и ската молоди (r до 0.47), количества идущих на нерест производителей ($r=0.45$), термического режима (r до 0.44), динамики и солёности вод в восточной половине Таганрогского залива ($r=0.38$, $r=0.32$).

В дальнейшем описанная зависимость была использована для определения объема воды, необходимого для обеспечения нормального размножения рыб в Дону и нагула их в Азовском море. Была разработана модель с применением метода Монте-Карло (Дубинина, Козлитина, 1976).

Алгоритм задачи сводится к следующему: для определения случайных факторов, входящих в уравнение множественной регрессии, были получены последовательности случайных чисел, равномерно распределенных $[0, 1]$. Затем они преобразовывались в последовательность случайных чисел с заданным законом распределения по формуле:

$$\int_{\alpha}^{\xi} f(x)dx = \xi,$$

где ξ – случайное число из совокупности случайных чисел, равномерно распределенных на $[0, 1]$; $f(x)$ – плотность вероятности данного закона распределения.

Для фиксируемого значения объема стока и количества производителей, идущих на нерест, было получено 1000 реализаций (N) случайной части уравнения и, следовательно, столько же значений промыслового возврата. Каждое из них последовательно сравнивалось со всеми ограничениями $Y_0=(1, 2, 3, 4)$ до первого выполнения условия $Y \geq Y_{0R}$. При выполнении указанного условия подсчитывалось число случаев m , у которых $Y \geq Y_{0R}$. После проверки значений Y по формуле $P(Y \geq Y_0) = m/N$ были определены вероятности и подсчитано их накопление (N).

Полученные результаты табулировались машиной в такой последовательности: $P(Y \geq Y_{04})$, $P(Y \geq Y_{03})$, $P(Y \geq Y_{02})$, $P(Y \geq Y_{01})$. В дальнейшем из табуляграммы расчета были выбраны данные, характеризующиеся оптимальным сочетанием величин P и $\sum u_i$.

В результате этих исследований было выявлено, что наибольшая вероятность получения максимального значения промыслового возврата судака наблюдается при объеме весеннего стока Дона в диапазоне 13-16 км³. Указанная величина близка к полученной ранее и является еще одним ее подтверждением. При этом наилучшие результаты по промысловому возврату получаются при заходе на нерест 3.5 млн. штук производителей. Следует отметить, что на современном уровне кроме водного режима лимитирующим фактором стал также ограниченный заход производителей рыб на донские нерестилища вследствие резкого сокращения численности популяций.

Позднее была проведена оценка вероятности появления разных показателей урожайности поколений рыб при различной обеспеченности стока (Козлитина и др., 1998; Дубинина, 2001, 2006). Результаты статистического анализа численности сеголетков осетра,

судака и леща для разной обеспеченности стока условно естественного периода (1920-1951 гг.) показывают, что при годовом и весеннем стоке (март-май) обеспеченностью менее 50% наиболее вероятно появление высокоурожайных и урожайных поколений (в случае удовлетворительных показателей других факторов среды), а при объеме стока, соответствующего 75% обеспеченности и более, – только низкоурожайные поколения. При объеме стока, соответствующего 95% обеспеченности, естественное размножение рыб находится на крайне низком уровне.

В целом критические условия для экосистемы создаются в годы с величиной годового стока 11-15 км³ и весеннего (III-V) – 6-10 км³. При объемах воды ниже указанных величин воспроизводство проходных и полупроходных рыб практически не регистрируется (Дубинина, 2001; Дубинина и др., 2009).

Установлено также, что годовой объем стока рек Дона и Кубани на уровне 32-29 км³ (в том числе р. Дон – 20-17 км³) можно отнести к «критическому», поскольку при более низких значениях Азовское море постепенно переходит на низкопродуктивный уровень. Таким образом, антропогенное сокращение речного стока в море более чем на 25-30% приводит к неизбежному изменению эволюционно сложившейся экосистемы (Бронфман, Хлебников, 1985; Дубинина, 2001, 2006).

Оптимальные условия для воспроизводства рыб складываются в годы 25-40% обеспеченности стока, что подтверждается как ранними, так и более поздними проведенными исследованиями (Дубинина, 1973, 2001, 2006; Павлов и др., 1989; Катунин и др., 2013).

Обоснование требований рыбного хозяйства к стоку Дона для формирования оптимальных ареалов нагула рыб

Помимо разработки гидрографа рыбонерестовых попусков не менее актуальной задачей является разработка требований рыбного хозяйства к объему стока Дона, обеспечивающему формирование оптимальных ареалов молоди рыб в Азовском море.

Многолетние материалы ихтиологических сборов свидетельствуют о том, что наиболее массовое поступление на взморье молоди рыб, репродуктивных на естественных нерестилищах и в рыбоводных хозяйствах Нижнего Дона, приурочено к концу весны – началу лета. В соответствии с динамикой ската задача оптимизации ареалов нагула была решена (Бронфман, Дубинина, 1971) для условий летнего периода, являющегося наиболее критическим для вступающих в жизнь поколений.

Исходя из солеустойчивости молоди различных видов рыб (Карпевич, 1955, 1960; Лещинская, 1955; Логвинович, 1955; Брызгунова, Баскакова, 1979), расчет производился для площадей с соленостью 0-7‰ и 0-9‰. Размеры ареалов (F_7 и F_9) ставились при этом в зависимости от основных регулирующих факторов – объема весеннего стока Дона ($\sum_{\emptyset}^v Q$) и средней солености Азовского моря (S_M).

Целевая постановка задачи заключалась в исследовании функциональной связи $F_i = f(\sum_{III}^v Q, S_M)$ и определения объема весеннего стока Дона, обеспечивающего формирование ареалов, площадь которых равнялась бы оптимальной или была близка к ней.

На основании графоаналитического решения зависимостей $S_T = f(\sum_{III}^v Q, S_M)$ и $F_i = f(S_T)$ мы построили расчетную номограмму (рис. 5), непосредственно связывающую размеры ареалов нагула молоди рыб в Азовском море с величинами весеннего стока Дона и средней солености моря.

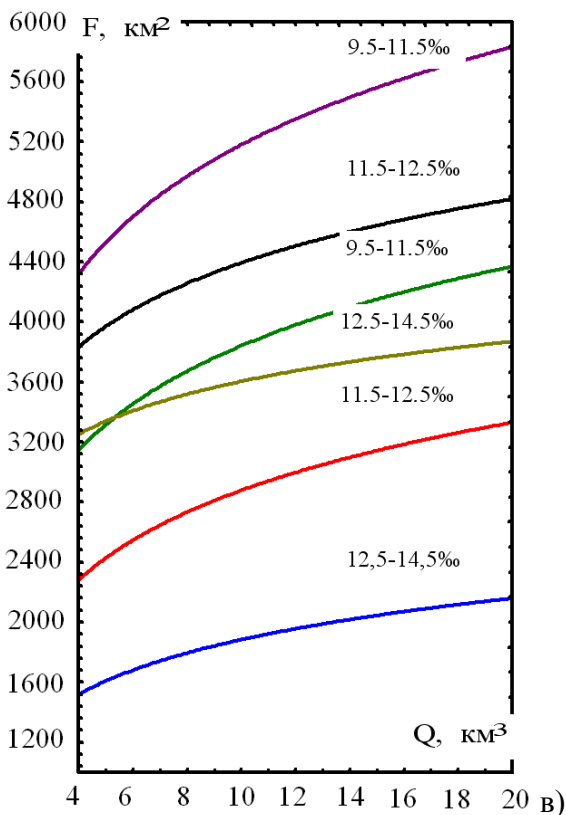
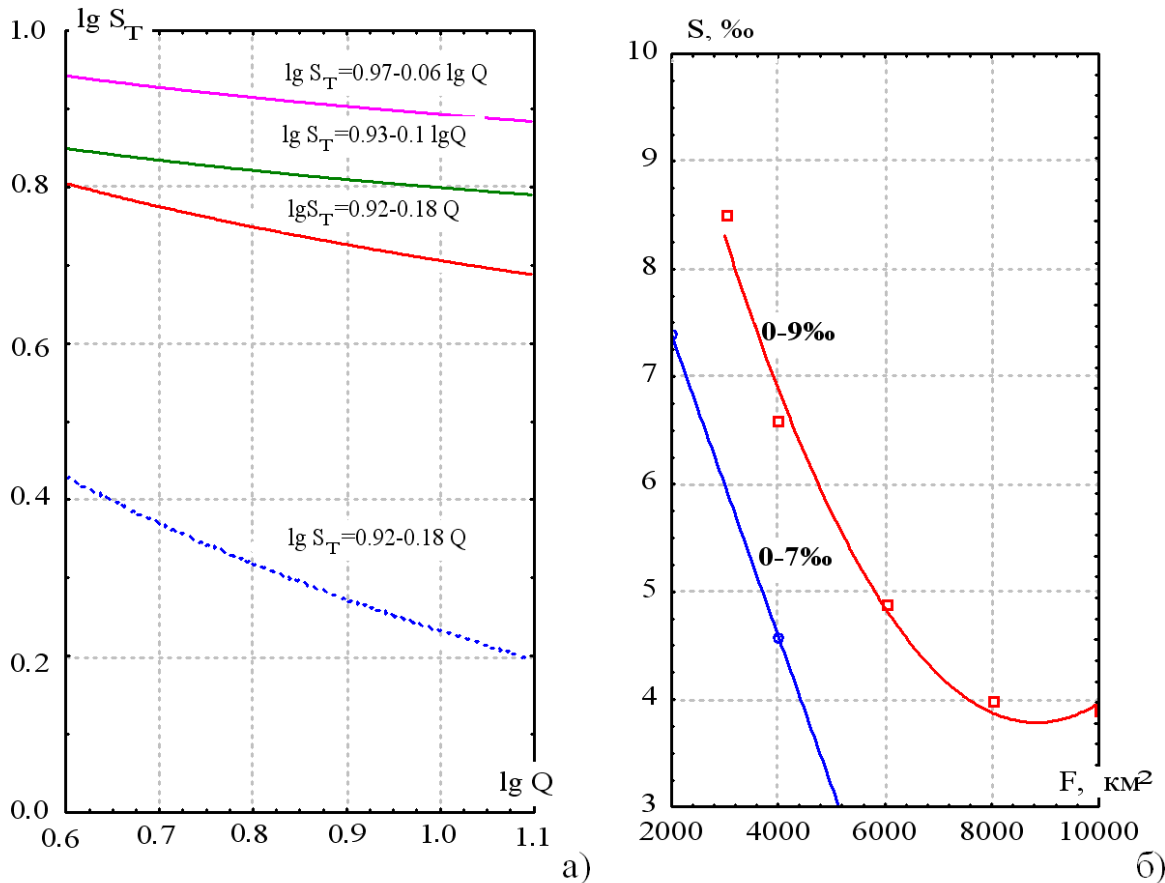


Рис. 5. График для расчета площадей зон с соленостью до 7 и 9‰. *Условные обозначения:* а) зависимость между средней за лето (IV-VIII) соленостью Таганрогского залива и объемом весеннего (III-V) стока Дона для диапазонов средней солености Азовского моря: 12.5-14.5‰ (1), 11.5-12.5 (2), 9.5-11.5 (3), менее 9.5‰ (4); б) зависимость между средней соленостью до 7 и 9‰ и площадью опресненных зон, в) зависимость площадей ареалов с соленостью до 7 и 9‰ от весеннего стока Дона и средней солености Азовского моря. **Fig. 5.** Graph to calculate the areas of zones with salinity up to 7 and 9‰. *Legend:* а) relation between Taganrog Bay average summer (IV-VIII) salinity and volume of Don spring (III-V) runoff for the ranges of Azov Sea average salinity: 12.5-14.5‰ (1), 11.5-12.5 (2), 9.5-11.5 (3), lower than 9.5‰ (4); б) relation between average salinity up to 7 and 9‰ and area of desalinated zones, в) relation between areas with salinity up to 7 and 9‰ and Don spring runoff and average salinity of Azov Sea.

Указанная номограмма позволяет с необходимой для практических расчетов точностью определить объем весеннего стока, обеспечивающего оптимизацию солевых условий в

Таганрогском заливе.

В период 1925-1932 гг., когда были заложены основы расцвета азовского рыболовства середины и конца 30-х годов, средняя соленость Азовского моря составляла 10.1‰, а в отдельные годы снижалась до 9.1‰. В этих условиях кормовые площади для молоди судака, которая находит благоприятные условия в водах с соленостью 9.0‰, равнялись в среднем 5.6 тыс. км²; для молоди леща, ареалы которой ограничены изогалиной 7‰, – 4.0 тыс. км². Указанные величины ареалов могут рассматриваться в качестве оптимальных.

Оптимальные ареалы нагула молоди указанных видов рыб могут быть обеспечены весенним стоком Дона в объеме не менее 12 км³. В случае же перехода солености к следующим, более высоким, грациям ($S_m=11.5-12.5‰$) формирование оптимальных солевых условий в Таганрогском заливе становится практически невозможным. В этом случае даже при реализации предлагаемого выше гидрографа весеннего стока Дона ($f(\sum_{III}^V Q=14 \text{ км}^3)$) ареалы нагула молоди сокращаются по сравнению с оптимальными более чем на 1 тыс. км² или на 20-25%; при осолонении Азовского моря – до 12.5-14.5‰ на 2 тыс. км² или на 35-50%.

Исследование эффективности рыбохозяйственного попуска

В последующем мы провели (Дубинина, 1972; Бронфман и др., 1979) и уточнили (Дубинина и др., 2011) расчеты эффективности попусков для полупроходных рыб Азовского моря на примере леща по эмпирической формуле $Y=f(Q_p, S_m)$, где Y – улов леща, тыс. ц; S_m – средняя соленость моря, ‰; Q_p – весенний сток Дона, км³. Указанная связь построена на основании наблюдений за период 1927-1992 гг.

В качестве характеристики водности в исследуемой зависимости принят весенний сток Дона в период оптимальной температуры воды для нереста и развития личинок полупроходных рыб (9-19°C). В связи с тем что колебания температуры в период нереста являются одним из факторов, определяющих урожайность поколений, при построении связи были исключены годы с крайними вариациями температур. В итоге в модели рассмотрены лишь те ситуации, которые характеризовались средними, наиболее типичными условиями изменчивости температуры (C_v в интервале 0.27-0.50).

Полученные результаты были графически интерпретированы в виде номограммы, представляющей собой серию параболических кривых, отнесенных к трем уровням солености моря: от 9 до 10.4‰, от 10.5 до 11.5‰ и более 11.5‰ (рис. 6).

Поскольку между запасами леща и судака существует тесная эмпирическая связь ($r=0.81$), мы получили возможность количественно оценить исследуемую модель и в отношении этого вида полупроходных рыб (рис. 7). Анализ результатов позволил сделать следующие основные выводы: при осолонении моря резко сокращается прирост запасов, обусловленный увеличением весеннего стока реки. Так, при оптимальной солености моря (9-10.4‰) возрастание весеннего стока Дона с 6 до 16 км³ приводит к увеличению запасов леща на 330 млн. штук, а судака – на 350 млн. штук; при солености 10.5-11.5‰ – на 290 и 310 млн. штук соответственно; при солености более 11.5‰ – только на 50 и 60 млн. шт. Даже возрастание весеннего стока до 20 км³ и более не приводит к росту запасов промысловых рыб при данной солености. Таким образом, увеличение солености Азовского моря резко снижает эффективность увеличения рыбохозяйственных попусков.

Основываясь на системном анализе и полученных зависимостях, мы приняли величину солености моря до 11.5‰ как экологически допустимую. Такая соленость формируется при поступлении в море суммарного стока Дона и Кубани в среднем не менее 35 км³, что соответствует установленному объему безвозвратного изъятия воды в бассейне Дона и Кубани – не более 3.5-3.8 и 2.6 км³/год соответственно (Дубинина, 2001; Дубинина и др., 2009).

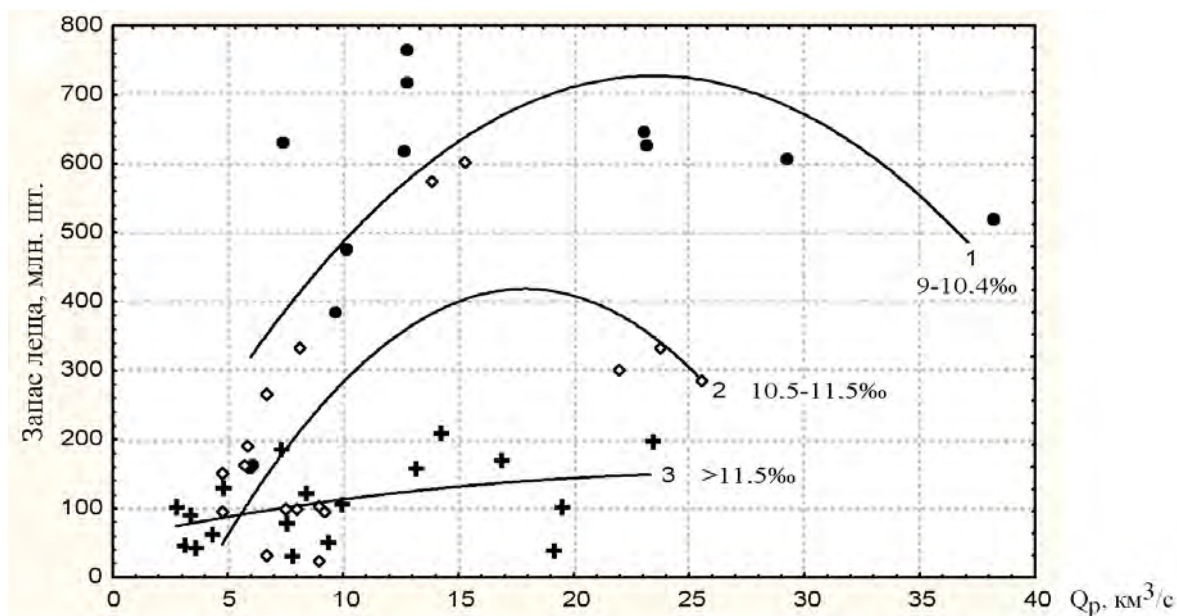


Рис. 6. Зависимость запаса леща от объема весеннего стока Дона ($T=9-19.5^{\circ}\text{C}$) и солёности Азовского моря. Условные обозначения: 1 – $Y_{(9-10.5\text{‰})}=-186.1+77.9x-1.61x^2$, $r=0.80$; 2 – $Y_{(10.5-11.5\text{‰})}=-333.2+101.1x-3.07x^2$, $r=0.80$; 3 – $Y_{(>11.5\text{‰})}=1207+14.73x-0.33x^2$, $r=0.82$.

Fig. 6. Relation between bream stock and volume of Don spring runoff ($T=9-19.5^{\circ}\text{C}$) and Azov Sea salinity.

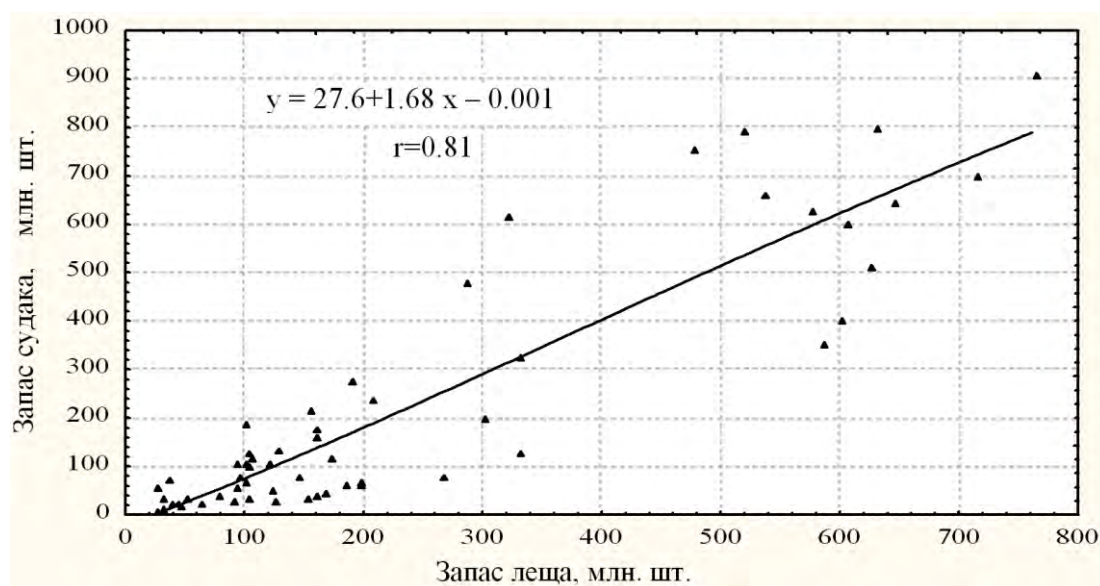


Рис. 7. Эмпирическая связь запаса леща и донского судака.

Fig. 7. Empiric relation between bream stock and Don pikeperch.

При условно естественном водном режиме р. Дон (1922-1951 гг.) обеспеченность благоприятного рыбохозяйственного попуска объемом 14.5 км^3 составляла 60% (Дубинина, 1973; Дубинина, Кучай, 1979), несмотря на то, что для Дона характерна тенденция преобладания группировок маловодных лет, повторяемость которых равна 42%, многоводных – лишь 28% (Спичак, 1963).

После 1952 г. при сложившейся структуре водохозяйственного комплекса региона повторяемость рыбонерестовых попусков уже на уровне 1970 г. составляла всего 32%. За 65 лет, прошедших после сооружения Цимлянской ГЭС (1953-2017 гг.), только в 11 случаях отмечалось затопление нижнедонской поймы и только четырежды (1963, 1979, 1981, 1994 гг.) режим обводнения пойменных нерестилищ отвечал экологическим требованиям полупроходных и проходных рыб.

Неудовлетворительное затопление поймы объясняется не только маловодьем, но и повышенными попусками воды из Цимлянского водохранилища, вопреки установленными «Основными положениями правил использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища на р. Дону» (1965) в навигационный и межнавигационный периоды (действующими до 2 июня 2016 г.).

Выводы

При обосновании эколого-рыбохозяйственных попусков (определения объема и сроков водоподачи) в нижний бьеф гидроузла следует основываться на учете нижеследующих критериев, показателей и условий.

1. Выбор тест-объекта – представителей массовых популяций, преимущественно ценных рыб в наибольшей мере связанных с режимом и характером обводнения пойменных нерестилищ, нерестилищ в дельтах и низовьях рек.

2. Создание карты-схемы расположения пойменных нерестилищ, нерестилищ в дельтах и низовьях рек, определение наиболее эффективных.

3. Изучение водного режима нерестилищ в условно естественный период: характеристика весеннего обводнения пойменных и дельтовых нерестилищ (среднегодовое количество воды на пойму, среднепаводочный расход воды, продолжительность затопления нерестилищ, площадь затопления), повторяемость и обеспеченность среднепаводочного расхода воды, повторяемость и обеспеченность площадей затопления нерестилищ и продолжительности затопления.

4. Рассмотрение экологических требований рыб размножающихся на пойменных нерестилищах, нерестилищах в дельтах и низовьях рек (места и глубина расположения нерестилищ, температура воды и сроки нереста, сроки инкубации икры рыб, сроки наступления жизнестойкой стадии молоди рыб).

5. Определение режима обводнения пойменных нерестилищ, нерестилищ в дельтах и низовьях рек:

- возможность прохода производителей рыб к местам нереста в период массового нерестового хода;
- затопление необходимых площадей пойменных нерестилищ в требуемые сроки с учетом необходимого температурного режима;
- обеспечение продолжительности затопления пойменных нерестилищ, необходимой для достижения молодью рыб жизнестойких (покатных) стадий;
- обеспечение ската молоди рыб с пойменных нерестилищ в реку и условий среды обитания молоди и взрослых рыб и других гидробионтов в замыкающем водном объекте (залив, море).

Возможности реализации рыбохозяйственных попусков из Цимлянского водохранилища

Первые серьезные нарушения продукционных процессов в бассейне Азовского моря произошли уже в первой половине 30-х годов XX века в результате создания каскада

Маньчских водохранилищ, подорвавшего на бывших наиболее продуктивных в бассейне нерестовых площадях (около 40 тыс. га) естественное воспроизводство донского судака, леща, тарани и других рыб. Но еще более тяжелые последствия для экосистемы Дона и Азовского моря имело сооружение Цимлянской плотины, преградившей доступ преимущественно проходных рыб к их традиционным местам нереста.

Эксплуатация водных ресурсов Цимлянского водохранилища осуществлялась в соответствии с «Основными положениями правил использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища на р. Дон» (далее – Основные положения), утвержденными в 1952 г., уточненными и дополненными в 1965 г. после завершения шлюзования на Нижнем Дону и действующими до 2016 г.; в них на нужды рыбного хозяйства ежегодно гарантированно выделялось всего 0.3-1.75 км³ воды для обеспечения рыбхозов в пойме Дона и на реках Сал и Маньч.

На Нижнем Дону действуют три подпорных судоходных гидроузла – Николаевский (1975 г.), Константиновский (1982 г.) и Кочетовский (1919 г.), т.е. участок от Цимлянского водохранилища до устья р. Северский Донец полностью зашлюзован (рис. 8).

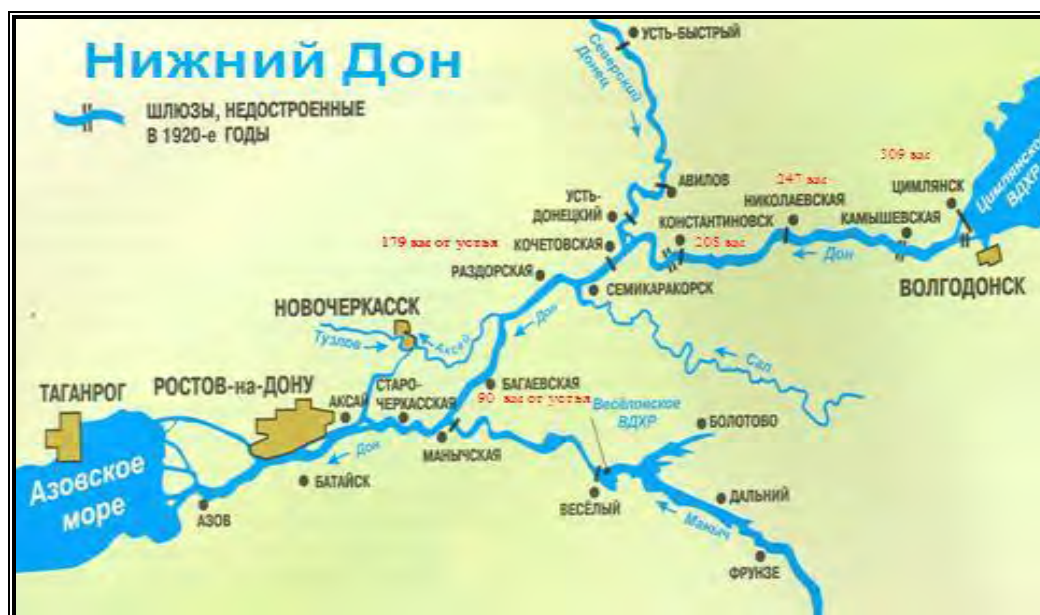


Рис. 8. Схема Нижнего Дона. Fig. 8. Lower Don map.

При введении в эксплуатацию (дополнительно к существующему Кочетовскому гидроузлу) Николаевской и Константиновской низконапорных судоходных плотин «Основными положениями» планировалось снижение нормального судоходного попуска из Цимлянского водохранилища с 580 до 410 м³/с. Это позволяло высвободить 3.5 км³ стока Дона (с 11.2 до 7.7 км³), которые намечалось использовать для повышения повторяемости рыбохозяйственных попусков. Только при этом условии рыбохозяйственные органы согласовали строительство двух дополнительных низконапорных гидроузлов. Однако высвобожденные водные ресурсы были использованы для удовлетворения требований других участников Донского водохозяйственного комплекса. Как показывает анализ данных по навигационным попускам, среднегодовое количество воды, сброшенное из Цимлянского водохранилища за период после шлюзования Нижнего Дона, осталось практически на прежнем уровне (Дубинина, Жукова, 2016).

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр» разработало новую

редакцию «Правил использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища» (Об утверждении ..., 2016; далее – Правила), утвержденных Росводресурсами 2 июня 2016 г., куда вошли предложенные рыбохозяйственные попуски в зависимости от гидрологических условий в период весеннего половодья и имеющегося запаса воды в Цимлянском водохранилище на начало половодья (Дубинина, Баскакова, 1989; Дубинина и др., 2015), створ станица Раздорская:

- объемом 14.2 км^3 с обеспеченностью 50% для залива донских пойменных нерестилищ с максимальным суточным расходом по р. Дон – $3200 \text{ м}^3/\text{с}$;
- объемом 12.2 км^3 с обеспеченностью 60% для залива донских пойменных нерестилищ с максимальным суточным расходом по р. Дон – $2800 \text{ м}^3/\text{с}$;
- объемом 10.6 км^3 с максимальным расходом $2500 \text{ м}^3/\text{с}$ в среднемаловодные годы, с обеспеченностью более 75% (рис. 3 а, б, в).

При этом экологические попуски в Азовское море за год должны составлять: 22.8, 21.0 и 17.6 км^3 в годы со стоком обеспеченностью 50%, 60% и 75% соответственно (Дубинина и др., 2009).

Предложены также формализованные диспетчерские правила назначения рыбохозяйственных попусков из Цимлянского водохранилища, учитывающих наполнение водохранилища на начало половодья и прогноз – нижнюю границу диапазона прогнозных значений (Косолапов, Коржов, 2018).

Результаты выполненных рыбохозяйственных расчетов при разработке новых «Правил использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища» свидетельствуют о том, что располагаемые на современном уровне водные ресурсы в бассейне р. Дон обеспечивают возможность организации регулярных рыбохозяйственных попусков из Цимлянского водохранилища без снижения показателей расчетной обеспеченности водопользования других участников Донского рыбохозяйственного комплекса (Косолапов, Коржов, 2018).

Объясняется это тем, что за период с 1990 г. до настоящего времени годовая величина суммарного забора воды в бассейне уменьшилась в 2.4 раза (фактическое суммарное безвозвратное изъятие стока в бассейне р. Дона на уровне 2010 г. с учетом потерь на дополнительное испарение с водной поверхности прудов и водохранилищ и с учетом водопотребления Украины, по данным А.Е. Косолапова (Дубинина и др., 2015) составляет 5.4 км^3 , при норме безвозвратного изъятия $3.5\text{-}3.8 \text{ км}^3$ (Дубинина, 2001; Дубинина и др., 2009), что существенно изменило рыбохозяйственный баланс бассейна в лучшую сторону.

Расчетная обеспеченность рыбохозяйственных попусков, установленная по результатам управления на имитационной модели Цимлянского водохранилища в соответствии с разработанными Правилами, составляет 33% по числу бесперебойных лет, что не полностью удовлетворяет требования рыбного хозяйства. В тоже время следует отметить, что, как указано в новой редакции Правил, на рыбохозяйственные цели Нижнего Дона и Азовского моря выделяется максимально возможный в современных условиях и при современной структуре Донского рыбохозяйственного комплекса объем водных ресурсов. Важно подчеркнуть, что впервые в новой редакции Правил рыбохозяйственная отрасль получила статус полноправного участника рыбохозяйственного комплекса. Однако реализация эколого-рыбохозяйственных попусков в полном объеме возможна только после выполнения комплекса мероприятий на территориях, подлежащих периодическому затоплению.

В результате практически полного отсутствия обводнения поймы Нижнего Дона этот земельный фонд в ущерб рыбному хозяйству стал интенсивно осваиваться другими отраслями экономики, комплексное воздействие которых приводит к существенным последствиям для экосистем Нижнего Дона и Азовского моря, что выражается в гибели водных биоресурсов, изменении видового разнообразия животного мира и пойменных ландшафтов. В пойме преобладают комплексы вторичного засоления, поднятия уровня

грунтовых вод и заболачивания территорий, загрязнения воды и прибрежных территорий (Дубинина, Жукова, 2016).

Весной 2018 года фактический приток воды и наполнение Цимлянского водохранилища позволили организовать рыбохозяйственный попуск как минимум в объеме 8.95 км³ с максимальным расходом в нижний бьеф Цимлянского гидроузла 2200 м³/с. Однако низкое качество прогноза, хозяйственное освоение поймы Нижнего Дона, а также угроза форсирования уровня водохранилища над нормальным подпорным уровнем позволили организовать рыбохозяйственный попуск меньшим объемом с максимальным расходом 1820 м³/с (Косолапов, Коржов, 2018). Затопление поймы Дона искусственно сдерживалось из-за хозяйственной освоенности территории поймы, в том числе строительства стадиона на левом берегу поймы в районе г. Ростов-на-Дону.

Заключение

Кардинальные изменения в режиме внутригодового распределения стока р. Дон и отсутствие весенних рыбохозяйственных попусков даже в годы повышенной водности, изменение цикличности в колебаниях годового стока, в частности – снижение повторяемости исключительно многоводных лет, наряду с несанкционированным, неконтролируемым и неучтенным промыслом рыб, низкой эффективностью искусственного воспроизводства, изменением после распада СССР правового статуса Азовского моря и различием подходов российской и украинской сторон к вопросам рыболовства и промысла привели к деградации рыбного хозяйства в бассейне Азовского моря.

Вопреки протестам против строительства низконапорного Багаевского гидроузла на последнем незарегулированном участке Нижнего Дона, который усугубит экологическую ситуацию и окончательно подорвет рыбные запасы Азово-Донского бассейна (Белоусов, 2016; Дубинина, Жукова, 2016), строительство было начато. В связи с этим будут пересматриваться «Правила Цимлянского водохранилища». Поэтому необходимы исследования по изучению сохранившихся в настоящее время пойменных нерестилищ, разработка комплекса мелиоративных мероприятий, обеспечивающих восстановление нерестилищ, водных и околоводных экосистем, а также корректировка требования рыбного хозяйства к срокам, объемам и режимам попусков в разные по водности годы. Высвободившие водные ресурсы, в результате снижения судоходного попуска при строительстве Багаевского гидроузла, следует использовать для повышения повторяемости эколого-рыбохозяйственных попусков.

Кроме того, следует осуществить ряд мер по приведению в порядок поймы Нижнего Дона и направить их на возможность ее затопления в условиях хозяйственного освоения. С этой целью необходимо разработать план мероприятий, предусматривающий инвентаризацию всех объектов природного и социального назначения; разблокирование водотоков от излишних искусственных дамб и дорожных насыпей; демонтаж бесхозных оросительно-ирригационных систем; ликвидацию опасных объектов (автомобильные заправочные станции, склады горюче-смазочных материалов и химреактивов и др.); рекультивацию замусоренных территорий, проведение мелиорации нерестилищ и прочее. Целесообразно придать нерестилищам статус особо охраняемых территорий.

Только осуществление комплекса природоохранных мероприятий позволит снизить остроту водохозяйственной обстановки и обеспечить развитие всех хозяйственных комплексов на достаточную перспективу и в конечном счете – гармонию с природой (Дубинина, Семенов, 2005).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Астахова Т.В., Катунин Д.Н.* 1971. Требования рыбного хозяйства Каспия к водному режиму р. Волги // Труды КаспНИРХ. Т. 26. Астрахань. С. 3-8.
- Богучарсков В.Т., Иванов А.А.* 1979. Дельта Кубани. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ. 108 с.
- Бойко Е.Г.* 1955. Эффективность естественного размножения и основные пути воспроизводства судака Азовского моря // Труды ВНИРО. Т. 31. Вып. 2. С. 108-137.
- Бойко Е.Г., Наумова В.И.* 1960. Условия размножения осетровых рыб в Дону после зарегулирования его стока // Труды АзНИИРХ. Т. 1. С. 259-286.
- Белоусов В.Н.* 2016. Последний рубеж естественного воспроизводства в Азово-Донском районе // Рыбное хозяйство. № 4. С. 14-19.
- Бронфман А.М., Дубинина В.Г.* 1971. Объем материкового стока, обеспечивающий оптимальные ареалы молоди рыб в Таганрогском заливе // Рыбное хозяйство. № 6. С. 11-14.
- Бронфман А.Н., Дубинина В.Г., Макарова Г.Д.* 1979. Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря. М.: Пищевая промышленность. 288 с.
- Бронфман А.М., Хлебников Е.П.* 1985. Азовское море. Основы реконструкции. Л.: Гидрометеиздат. 271 с.
- Брызгунова М.И., Баскакова Т.Е.* 1979. Распределение молоди судака и леща в Таганрогском заливе // Рыбное хозяйство. № 8. С. 18-20.
- Власенко А.Д.* 1979. Влияние водности реки Волги на урожай севрюги // Биологические основы развития осетрового хозяйства в водоемах СССР. М. С. 122-130.
- Воловик С.П.* 1986. Основные черты преобразования экосистемы Азовского моря в связи с развитием народного хозяйства в его бассейне // Вопросы ихтиологии. Т. 26. Вып. 1. С. 33-47.
- Гидрологический ежегодник 1960 г. 1963. Т. 2. Бассейны Черного и Азовского морей (без Кавказа). Вып.4-5. Бассейн р.Днепр ниже р.Припять / Ред. Н.П. Горбачевич, З.И. Кирпатовской, И.И. Царева. Л.: Гидрометеиздат. 436 с.
- Гаргона Ю.М.* 1979. Гидрологические основы рыбохозяйственного исследования водных ресурсов Кубани и рек Восточного Приазовья. Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Одесса. 24 с.
- Городничий А.Е.* 1971. Основные факторы, определяющие численность ценных полупроходных рыб Дона // Вопросы ихтиологии. Т. 11. Вып. 3 (68). С. 51-57.
- ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов [Электронный ресурс <http://internet-law.ru/gosts/gost/33538/> (23.01.2019)].
- Дубинина В.Г.* 1968. О влиянии термического режима на урожайность судака // Сборник работ Ростовской гидрометеорологической обсерватории. Вып. 8. Ростов-на-Дону. С. 155-163.
- Дубинина В.Г.* 1969. Гидрологический режим поймы Нижнего Дона и проблемы рыбохозяйственного использования водных ресурсов реки. Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону. 31 с.
- Дубинина В.Г.* 1969а. Использование множественной корреляции для прогноза промыслового возврата донского судака // Труды ВНИРО. Т. LXVII. С. 357-361.
- Дубинина В.Г.* 1972. Гидрологические основы увеличения масштабов естественного воспроизводства рыб в Азовско-Донском районе. Рыбохозяйственные исследования Азовского моря // Труды АзНИИРХ. Вып. 10. С. 41-51.
- Дубинина В.Г.* 1973. Гидрологический режим пойменных нерестилищ Нижнего Дона и некоторые перспективы их рыбохозяйственного использования // Известия СКНЦВШ.

Серия естественных наук. Вып. 1. С. 84-88.

- Дубинина В.Г. 1973а. Особенности гидрологического режима искусственных водоемов поймы Нижнего Дона и возможные пути его изменения // Географические исследования на Северном Кавказе и Нижнем Дону. Ростов-на-Дону. С. 67-72.
- Дубинина В.Г. 1978. Рациональное использование водных ресурсов Дона с учетом рыбохозяйственных требований // Водные ресурсы. № 3. С. 67-82.
- Дубинина В.Г. 2001. Методические основы экологического нормирования безвозвратного изъятия речного стока и установления экологического стока (попуска). М.: Экономика и информатика. 118 с.
- Дубинина В.Г. 2006. Сохранение и восстановление экосистем южных рек, как неотъемлемая часть стратегии управления водными ресурсами страны // Научные аспекты экологических проблем России: Труды II Всероссийской конференции / Ред. Ю.А. Израэль. М. С. 269-277.
- Дубинина В.Г. 2018. Проблемы и решения восстановления водных биологических ресурсов поймы Нижнего Дона // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. В 5 томах / Ред. В.Г. Сычев, Л. Мюллер. М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». Т. 5. С. 232-237.
- Дубинина В.Г., Баскакова Т.Е. 1989. Обоснование требований рыбного хозяйства к объему, режиму и частоте попусков в нижний бьеф гидроузла // Отчет НИР АзНИИРХ. № 7720. Ростов-на-Дону. 31 с.
- Дубинина В.Г., Березовский А.М., Попов И.В. 1972. Вероятностная модель комплекса биогидрологических характеристик Азовского бассейна// Тр. ВНИРО. Т. LXXXIX. С. 192-207.
- Дубинина В.Г., Домбровский Ю.А. 1975. Статистическое моделирование азовских судака и леща // Труды ВНИРО. Т. СІХ. С. 92-100.
- Дубинина В.Г., Жукова С.В. 2016. Оценка возможных последствий строительства Багаевского гидроузла для экосистемы Нижнего Дона // Рыбное хозяйство. № 4. С. 20-30.
- Дубинина В.Г., Катунин Д.Н., Жукова С.В., Кочкиков В.Н. 2011. Оценка негативных последствий антропогенного воздействия на водные экосистемы и их биоресурсы и возможные пути решения проблем (на примере бассейнов южных морей) // Устойчивость водных объектов, водосборных и прибрежных территорий; риски их использования. Труды Всероссийской научной конференции. Калининград. С. 464-474.
- Дубинина В.Г., Козлитина С.В. 1971. Опыт оптимизации рыбохозяйственных попусков в нижний бьеф водохранилищ // Всероссийское совещание «Вопросы комплексного использования водохранилищ». Киев. С. 88-90.
- Дубинина В.Г., Козлитина С.В. 1976. Применение математических моделей при обосновании требований рыбного хозяйства к водным ресурсам Нижнего Дона // Труды ВНИРО. Т. СХVІІІ. С. 34-45.
- Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Жукова С.В. 2015. Проблемы восстановления водных биологических ресурсов поймы Нижнего Дона // Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.». Сборник научных трудов. Т. 1. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 277-287.
- Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Чебанов М.С., Скачедуб Е.А. 2009. Методические подходы к экологическому нормированию безвозвратного изъятия стока и установлению экологического стока (попуска) // Водное хозяйство России. № 3. С. 26-61.
- Дубинина В.Г., Кучай А.А. 1979. Использование математического моделирования при определении результатов водопользования системой естественного воспроизводства полупроходных рыб на Дону // Научно-технологический конгресс «Применение математических методов и средств вычислительной техники в экологических и

экономических исследованиях водной среды». Одесса. С. 51-61.

- Дубинина В.Г., Семенов А.Д.* 2005. Состояние и проблемы сохранения и восстановления биологических ресурсов в Азовском бассейне // Труды XII съезда Русского географического общества. Т. 5. СПб. С. 36-43.
- Дубинина В.Г., Спичак М.К.* 1967. Особенности гидрологического режима водоемов донских нерестово-выростных хозяйств // Рыбное хозяйство. № 3. С. 12-13.
- Иванов В.П., Мажник А.Ю.* 1997. Рыбное хозяйство Каспийского бассейна (Белая книга). М.: ТОО журнал «Рыбное хозяйство». 40 с.
- Карневич А.Ф.* 1955. Экологическое обоснование прогноза изменений ареалов рыб и состав ихтиофауны при осолонении Азовского моря // Труды ВНИРО. Т. 31. Вып. 2. С. 3-84.
- Карневич А.Ф.* 1960. Влияние изменяющегося стока рек и режима Азовского моря на его промысловую и кормовую фауну // Труды АзНИИРХ. Т. 1. Вып. 1. С. 3-84.
- Катунин Д.Н., Бесчетнова Т.С., Дубинина В.Г.* 2013. К вопросу об экономической оценке ущерба рыбным запасам Волго-Каспия при различной водообеспеченности нерестового цикла рыб // Рыбное хозяйство. № 2. С. 47-52.
- Катунин Д.Н., Хрипунов И.А., Алехина Р.П.* 2001. Экологизация попусков воды на Нижнюю Волгу // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань. С. 33-38.
- Катунин Д.Н., Хрипунов И.А., Зайцев А.Н.* 1990. Требования рыбного хозяйства к водному режиму р. Волги // Современные проблемы промысловой океанологии. VIII Всесоюзная конференция по промысловой океанологии. Л.: ЛГМИ. С. 257-259.
- Козлитина С.В., Воловик С.П., Дубинина В.Г., Нечепуренко И.Г., Воловик Г.С.* 1998. Моделирование требований рыбного хозяйства к водному режиму р. Дон // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. Ростов-на-Дону. С. 357-370.
- Косолапов А.Е., Коржов И.В.* 2018. Управление водными ресурсами Нижнего Дона в условиях противоречивых интересов водопользователей // Водные ресурсы России: современное состояние и управление. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, г. Сочи, 8-14 октября 2018 г. Т. 1. Новочеркасск: Лик. С. 183-189.
- Корнеев А.А., Баскакова Т.Е.* 1984. Результаты размножения осетра в условиях зарегулированного стока Дона // Воспроизводство рыбных запасов Каспийского и Азовского морей. М.: Изд-во ВНИРО. С. 54-62.
- Лецинская А.С.* 1955. Выживание икры, личинок и мальков кубанской тарани в азовской воде различной солености // Труды ВНИРО. Т. 31. Вып. 2. С. 97-107.
- Логвинович Д.Н.* 1955. Влияние солености и плотности кормовых объектов на питание и рост личинок и мальков донского леща // Труды ВНИРО. Т. 31. Вып. 2. С. 85-96.
- Макаров Э.В.* 1964. Воспроизводство азовских осетровых и современное состояние их запаса // Труды ВНИРО. Т. 54. Сб. 2. С. 203-210.
- Макаров Э.В.* 1970. Динамика и структура стада азовских осетровых. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М. 32 с.
- Марти Ю.Ю.* 1974. Биологическая продуктивность Каспийского моря. М.: Наука. 245 с.
- Мордухай-Болтовский Ф.Д.* 1954. Гидробиологический режим опытного нерестово-выростного хозяйства в низовьях Дона // Труды Проблемных и тематических совещаний ЗИН. Вып. 2. С. 75-88.
- Научные основы устойчивого рыболовства и регионального распределения промысловых объектов Каспийского моря. 1998 / Ред. В.Н. Беляева, В.П. Иванов, В.К. Зиланов. М.: Изд-во ВНИРО. 167 с.
- Об установлении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения и особенностей добычи (вылова) водных биологических ресурсов, обитающих в них и отнесенных к объектам рыболовства. 2009 // Приказ Федерального агентства по рыболовству № 818 от

- 17.09.2009 [Электронный ресурс <https://rg.ru/2009/10/14/ryba-dok.html> (23.01.2019)].
- Об утверждении перечня водохранилищ, в отношении которых разработка правил использования водохранилищ осуществляется для каждого водохранилища. 2009 // Распоряжение правительства Российской Федерации № 197-р от 14.02.2009 [Электронный ресурс <http://docs.cntd.ru/document/902143693> (23.01.2019)].
- Об утверждении Правил использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища. 2016 // Приказ № 114 от 2.06.2016 [Электронный ресурс <http://docs.cntd.ru/document/420362368> (23.01.2019)].
- Основные положения Правил использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища на р. Дону. 1965. (Гидропроект им. С.Я. Жука). М.: Госземводхоз РСФСР. 37 с.
- Павлов Д.С., Катунин Д.Н., Алехина Р.П., Власенко А.Д., Дубинина В.Г., Сидорова М.А.* 1989. Требования рыбного хозяйства к объему весенних попусков в дельту Волги // Рыбное хозяйство. № 9. С. 29-32.
- Полтавчук М.А.* 1965. Биология и разведение днепровского судака в замкнутых водоемах. Киев: Наукова думка. 259 с.
- Поляков Б.В.* 1930. Гидрология бассейна реки Дон. Ростов-на-Дону. 328 с.
- Постановление Правительства Российской Федерации от 22 апреля 2009 г. №349 "Об утверждении Положения о разработке, согласовании и утверждении правил использования водохранилищ, в том числе типовых правил использования водохранилищ". 2009 (Электронный ресурс <https://base.garant.ru/2168246/> (дата обращения 23.01.2019)].
- Романычева О.Д.* 1966. Влияние резких колебаний температуры воды на развивающуюся икру судака // Труды АЗНИИРХ. Вып. 8. С. 23-44.
- Самохин А.Ф.* 1940. Волго-Дон. Ростов н/Д: Ростиздат. 48 с.
- Спичак М.К.* 1963. Условия формирования и характеристика стока и солености Азовского моря // Труды АЗНИИРХ. Вып. 1. С. 17-27.
- Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна Азовского моря. 1972. (Гидропроект им. С.Я. Жука). М.
- Федеральный закон «О животном мире» № 52-ФЗ от 24.04.1995 [Электронный ресурс http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6542 (дата обращения 23.01.2019)].
- Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» № 166-ФЗ от 26.11.2004 [Электронный ресурс http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_50799 (23.01.2019)].
- Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 [Электронный ресурс https://dogovor-urist.ru/законы/закон_об_охране_среды (23.01.2019)].
- Хорошко П.Н.* 1970. К экологии нереста осетра измененной Волги. Осетровые СССР и их воспроизводство // Труды ЦНИОРХ. Т. 2. С. 105-112.
- Чебанов М.С.* 1989. Системный анализ водного и теплового режима дельтовых озер. Л.: Гидрометеиздат. 158 с.
- Dubinina V.G., Kozlitina S.V.* 2000. Water resources management of the southern rivers of Russia with reference to fisheries requirements // Fisheries Management and Ecology. No. 7. P. 157-165.

**REQUIREMENTS FOR FISHERY UNDER
WATER RESERVOIRS MANAGEMENT****© 2019. V.G. Dubinina**

*Central Administration for Fishery Expertise and Standards of Reserve and Reproduction
of Water Biological Resources and Acclimatization
Russia, 125009, Moscow, Bolshoy Kislovsky Per., 10, Building 1. E-mail: vgdu@mail.ru*

Received February 13, 2019. Revised February 13, 2019. Accepted February 25, 2019.

In this article we provide results of our researches of development of fishery requirements for water resources of reservoirs, concerning necessary volumes and time of augmentation into the downstream of hydro systems to ensure natural reproduction of semi-anadromous and anadromous fish by the example of Tsimlyansk water reservoir.

The hydrographs consider particularity of hydrological regime, area and duration of flooding of the spawning sites, and efficiency of breeding of different fish species at different water regime scenarios during those temperatures that are suitable for spawning and growth. The parameters of annual and seasonal hydrograph, providing the proper conditions for breeding and living in the water ecosystem of Lower Don, are substantiated.

Keywords: water reservoir, Tsimlyansk Water Reservoir, Lower Don, river runoff, temperature, floodplain, water-meadow, spawning site, area and duration of flooding, fishery augmentation, fish breeding, ecosystem, feeding areas, water biological resources.

DOI: 10.24411/2542-2006-2019-10027