

13. Dyshljuk S.S., Nikolaeva O.N., Romashova L.A. Nauchno-metodicheskie osnovy formalizacii processov sostavlenija tematiceskikh kart dlja realizacii instrumental'noj spravocno-analiticheskoj geoinformacionnoj sistemy [Methodological basis for formalization of thematic map-making processes for information-and-reference analytical GIS implementation], Vestnik SGGA, 2011, Vol. 1 (14), pp. 49–54 (in Russian).
14. Nikolaeva O.N. Ob algoritmizacii proektirovanija oformlenija tematiceskikh kartograficheskikh proizvedenij (na primere kartograficheskikh modelej prirodnyh resursov) [On thematic map design algorithmization: a case study of natural resources map-models' development for general public], Vestnik SGUGiT, 2015, Vol. 4 (32), pp. 61–69 (in Russian).
15. Nikolaeva O.N. O proektirovanii tematiceskogo soderzhanija sistemy cifrovyyh kartograficheskikh modelej prirodnyh resursov regiona [On developing thematic content for the system of natural resources' digital cartographic models of the region], Geodezija i kartografiya, 2016, No 7, pp. 33–38 (in Russian).

УДК 528.94:639.2.03

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-308-322

Н.С. Калюжная¹, И.Ю. Калюжная², В.В. Хоружая¹, В.В. Самогеева¹, Э.Н. Сохина¹

ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ СОСТОЯНИЯ НЕРЕСТИЛИЩ ВЕРХНЕГО ПЛЁСА ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается опыт использования ГИС-технологий для изучения состояния и динамики нерестовых угодий на примере Цимлянского водохранилища (в границах Волгоградской области) – одного из крупнейших внутренних водоёмов рыбохозяйственного значения на юге России.

Нерестовые угодья рассматривались с позиций концепции экотонной природы зоны контакта «вода-суша», отличающейся повышенной флуктуационной активностью среды, где периодическое затопление является определяющим фактором разнообразия нерестовых биотопов, условий воспроизводства и продуктивности экосистем.

По результатам обработки и дешифрирования космических снимков Landsat на весенний и межлетний периоды 2005–2016 гг. и сопоставления их с другими материалами (крупномасштабные топографические карты, данные рыбохозяйственных исследований, научные публикации) уточнены границы и площади основных нерестовых угодий и их мелиорированных участков на Верхнем плёсе водохранилища.

На примере трёх модельных участков, расположенных в левобережной части Верхнего плёса, выделены основные природные и антропогенные факторы, определяющие состояние нерестилищ. Обобщение и анализ ретроспективных данных по составу и урожайности молоди рыб (за период с 1980 г. по настоящее время) подтвердили значимость рассматриваемых участков в естественном воспроизводстве водных биоресурсов и возможность восстановления их рыбохозяйственного потенциала посредством мелиорации.

Составлены карты, отображающие размещение выявленных угодий и факторов, непосредственно или косвенно оказывающих влияние на их состояние. Определены наиболее напряжённые в экологическом отношении участки с широким развитием процессов абразии,

¹ Волгоградское отделение ФГБНУ «Государственный научно-исследовательский институт озёрного и речного рыбного хозяйства»; 400001, Россия, Волгоград, ул. Пугачёвская, 1; e-mail: voniorkh@mail.ru; nskrcb@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские Горы, 1; e-mail: kalioujnaia@yandex.ru

заиления и эвтрофикации, а также с загрязнением акватории и водоохранной зоны водохранилища.

Результаты исследований представляют интерес как для понимания общей экологической ситуации на Цимлянском водохранилище, так и принятия обоснованных управленческих решений по его оздоровлению.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Верхний плёс Цимлянского водохранилища, нерестовые угодья, естественное воспроизводство, экологические факторы, ГИС

ВВЕДЕНИЕ

Цимлянское водохранилище – крупнейший искусственный водоем на юге России, созданный в 1952–1953 гг. в бассейне р. Дон на территории Ростовской и Волгоградской областей. За более чем 60-летний период на его основе сформировался и функционирует сложный многоотраслевой комплекс [Цимлянское водохранилище..., 2011; Novikova и др., 2012; Экономические и территориальные аспекты..., 2013], важнейшую роль в котором играет рыбное хозяйство. Уже через 5–7 лет после создания водохранилища здесь добывалось более 6,5 тыс. т рыбной продукции в год, что почти в 15 раз превышало улов на этих участках Дона до его зарегулирования [Лапицкий, 1970; Архипов, 2002]. Средний же объём промышленного вылова на водохранилище за весь период его промышленной эксплуатации с 1957 г. составил 9,9 тыс. т, что соответствовало проектной величине вылова (10,0 тыс. т). В настоящее время здесь вылавливается около 10 % общего объёма рыбы, добываемой во внутренних пресных водах России [Рекомендации..., 2017].

В то же время в силу ряда особенностей Цимлянского водохранилища (мелководность, слабая проточность, изменчивость водного режима, широкое распространение лесовидных пород и аллювиально-флювиогляциальных песков, интенсивность экзогенных процессов – абразионных, оползневых, твердого стока, заиления и др.) происходило постепенное ухудшение условий естественного воспроизводства водных биоресурсов (ВБР). Кроме того, превалирование неадаптивных форм природопользования и сокращение объёмов мелиоративных работ в сочетании со значительными колебаниями уровня воды в процессе наполнения – сработки водохранилища (2–5 м) – существенно ускорили темпы снижения рыбохозяйственного потенциала водохранилища [Оценка современного состояния..., 1996; Современное состояние берегов..., 2007].

В условиях трансформации основных нерестовых угодий и ухудшения условий естественного воспроизводства ВБР возникает необходимость научного обоснования состава и объёмов работ по устранению последствий негативного воздействия, прежде всего на Верхнем плёсе, играющем основную роль в пополнении рыбных запасов.

Соответственно, основными задачами исследования являлись:

- определение репрезентативных нерестовых участков, которые, при условии их мелиорации, будут способны обеспечить существенное пополнение промыслового запаса ВБР водохранилища;
- выявление основных факторов, определяющих состояние и продуктивность нерестовых угодий;
- картографический анализ ситуации.

Необходимость обработки и анализа разноплановых данных (включая пространственные) о состоянии аквальных и береговых экосистем потребовала использования геоинформационных и дистанционных методов исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлись нерестовые угодья Верхнего плёса Цимлянского водохранилища, которые рассматривались нами с позиций концепции экотонной природы

зоны контакта «вода-суша» В.С. Залетаева [Залетаев, 1997; Новикова и др., 2014], в которой периодическое затопление является определяющим фактором повышенной флуктуационности и неустойчивости абиотической среды, специфичности и лабильности биотических сообществ, а также разнообразия нерестовых биотопов, условий воспроизводства и продуктивности экосистем [Лапицкий, 1970; Архипов, 2002; Górski, 2010].

В качестве модельных были выбраны три участка нерестовых угодий, типичных для левобережной части Верхнего плёса, на примере которых выявлены тенденции динамики качественного состава и урожайности молоди рыб, а также основные природные и антропогенные факторы, определяющие условия естественного воспроизводства ВБР и продуктивность угодий.

В ходе настоящего исследования были собраны и проанализированы различные материалы, характеризующие нерестилища в целом и модельные участки в частности, в том числе:

- фондовые материалы Волгоградского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ», в т. ч. отчетная и научно-техническая документация, первичные данные по урожайности молоди рыб и др.;
- сканерные многозональные космические снимки Landsat 2005–2016 гг. с разрешением 30 м спектральных каналов в различных вариантах синтеза;
- различные топографические и тематические карты: Атлас Волгоградской области [1993], Карта растительности Европейской части СССР масштаба 1:2 500 000 [1979], Почвенная карта Волгоградской области масштаба 1:400 000 [1985], Ландшафтная карта СССР масштаба 1:2 500 000 [1987], Эколого-географическая карта Цимлянского водохранилища масштаба 1:500 000 [2005];
- проектно-технические документы и ведомственные материалы других организаций и учреждений [Сводный технический отчет «Уточнённая морфометрическая характеристика Цимлянского водохранилища с целью повышения эффективности режима его эксплуатации», Филиал ОАО «Инженерный центр ЕЭС» – «Институт Гипропроект», М., 2004; Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Дон, ФГБУ «РосНИИВХ», Екатеринбург, 2012; Проект правил технической эксплуатации и благоустройства Цимлянского водохранилища, ФГБУ РосНИИВХ (СевКавНИИВХ), Екатеринбург, Новочеркасск, 2013 и др.];
- данные полевых исследований других организаций на Цимлянском водохранилище и отдельных участках его водосбора, в частности Института водных проблем РАН и Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова;
- научные публикации и иные источники информации.

Работа включала несколько взаимосвязанных этапов и направлений, в ходе которых применялись как специальные, так и общенаучные методы исследований. Уточнение пространственных параметров участков нерестилищ, а также картографическое отображение экологической ситуации на модельных участках осуществлялось на основе ГИС-технологий с использованием крупномасштабных топографических карт, космических снимков Landsat высокого разрешения на весенний и меженный периоды 2005–2016 гг. и данных многолетних полевых исследований.

Поиск и подбор снимков и карт проводился в открытых каталогах [<https://store.usgs.gov/>; <https://landsat.usgs.gov/>; <http://loadmap.net/>] с их последующей обработкой, геопривязкой и оцифровкой в программах ScanMagic и MapInfo. Выбор топографических карт был обусловлен необходимостью привязки многолетних данных и результатов полевых наблюдений к конкретным участкам нерестовых угодий, а космических снимков – их доступностью, высокой оперативностью и точностью.

Значимость разных участков нерестовых угодий в пополнении рыбных запасов Цимлянского водохранилища оценивалась по результатам исследований Волгоградского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ» за период 1980–2016 гг., в ходе которых использовались методы

оценки эффективности естественного воспроизводства, а основным показателем являлась урожайность молоди рыб – средний улов сеголетков на одно притонение мальковой волокуши на конкретном участке [Лапицкий, 1967].

В экологических исследованиях были использованы принципы и подходы к выявлению и картографированию экологических конфликтов и связанных с ними негативных последствий, проявившихся при длительном функционировании Цимлянского водохранилища [Novikova и др., 2012; Экономические и территориальные аспекты..., 2013].

На завершающем этапе работ проводился сопряженный картографический анализ локализации нерестовых угодий и экологических факторов (природных и антропогенных), оказывающих непосредственное или косвенное влияние на условия естественного воспроизводства ВБР и продуктивность различных участков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сопоставительное контурное дешифрирование и картографический анализ информации позволил выявить на Верхнем плёсе водохранилища 7 основных групп нерестовых угодий (таблица 1, рисунок 1), уточнить их границы и площади, а также ареалы проявления повышенной активности природных и антропогенно обусловленных процессов.

Все нерестовые угодья Верхнего плёса, как уже отмечалось выше, приурочены к переходной зоне «вода-суша» побережья водохранилища. Их структурно-функциональная организация включает три из пяти, выделяемых В.С. Залетаевым [1997], блоков экотона:

- аквальный, постоянно залитый водой;
- амфибиальный (флуктуационный), ежегодного длительного заливания паводковыми водами на срок до 250 и более дней в году;
- динамический, неежегодного кратковременного заливания на срок до 75 дней в году [Современное состояние..., 2007; Кутузов, 2011; Górski, 2010].

Проведенный анализ позволил выявить как общие особенности нерестовых угодий Цимлянского водохранилища, так и характерные черты разных участков. Нерестилища Верхнего плёса в основном представлены «типичными донскими займищами – заливаемыми паводком мелководными, хорошо прогреваемыми участками поймы с обильной растительностью, эффективно используемыми рыбами для размножения» [Лапицкий, 1970]. Основные факторы, определяющие их состояние и динамику применительно к модельным участкам, охарактеризованы в таблице 2.

Модельные участки нерестовых угодий расположены в левобережной части Верхнего плёса на низком пологом берегу, в зоне переменного подпора, регулярно заливаются паводковыми водами.

Степень залития участков определяется высотой паводка, изменяясь от полного залития при уровне выше 36 м до минимального – при уровне 34 м и менее. В среднем площадь регулярного залития составляет 50–60 %. Геоморфологическое положение участков обуславливает слабое или локальное проявление процессов переформирования берегов. Также для всех участков характерны зарастание макрофитами и «цветение» воды, способствующие интенсивному илообразованию и накоплению органического детрита.

Для нерестилищ открытых участков плёса, преимущественно приуроченных к устьям боковых притоков и балок (примером которых могут служить разливы р. Донская Царица), помимо изменений уровня воды в процессе сработки водохранилища, характерны большие объёмы твердого и жидкого стока самих рек, а также высокие амплитуды колебаний уровня воды под действием ветра (до 0,5 м), что приводит к усилению процессов абразии и активному занесению нерестилищ крупнозернистыми влекомыми наносами и продуктами разрушения берегов, формированию конусов выноса.

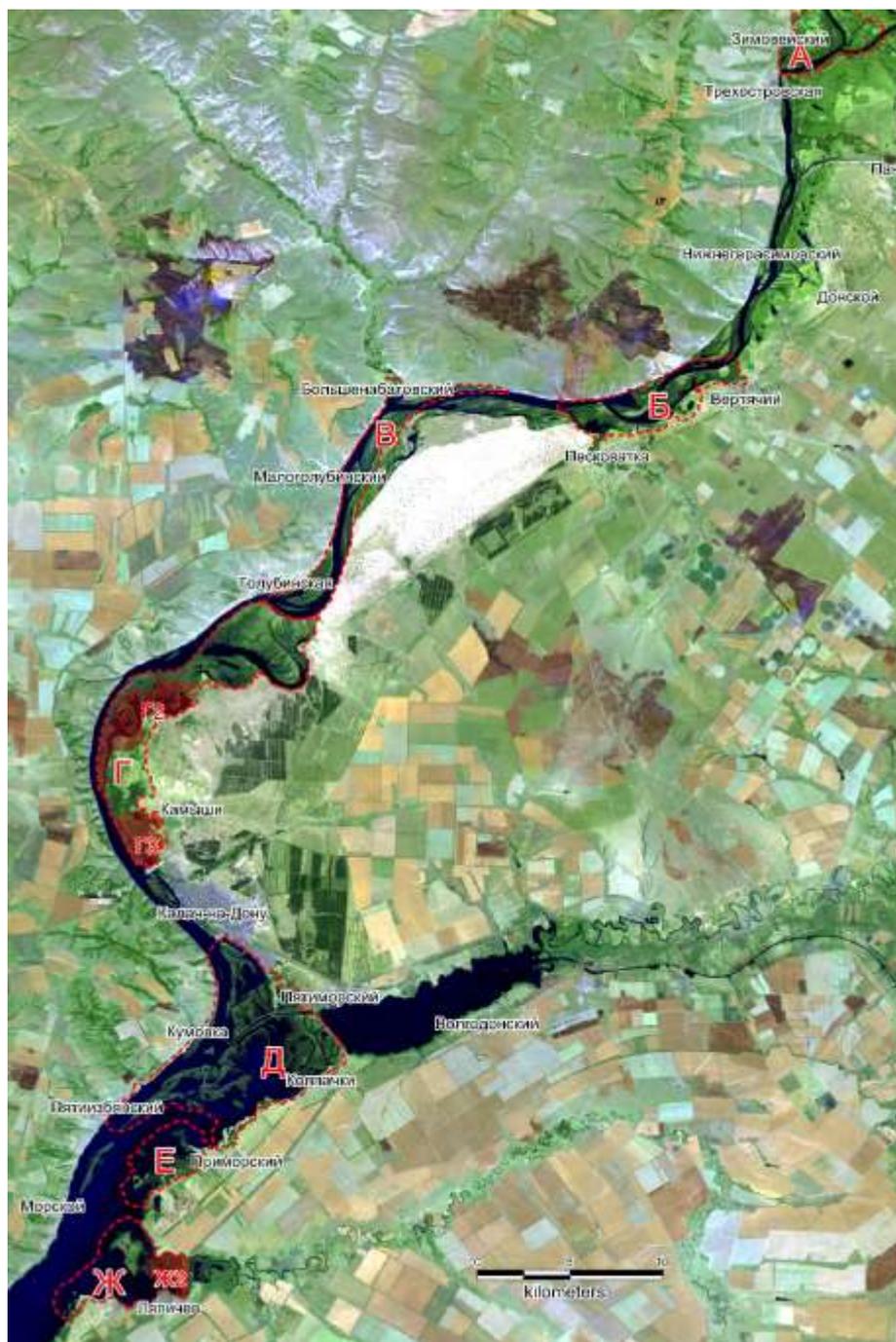


Рисунок 1. Основные группы нерестовых угодий Верхнего плёса Цимлянского водохранилища

Условные обозначения

Группы нерестовых угодий: А – Качалинско-Трёхостровская; Б – Вертячинско-Песковатская;
 В – Голубинская; Г – Калачевская; Д – Черкасовско-Карповская;
 Е – Приморская; Ж – Ляпичевско-Донская.

Модельные участки: Г2 – Оз. Бугоково – Среднее – Нижнее;
 Г3 – Оз. Аннушкино; Ж2 – Разливы р. Донская Царица.

Модельные участки показаны штриховкой

Figure 1. Main spawning areas within the upper section of the Tsimlyansk Reservoir

Legend

Spawning areas groups: А – Kachalinsko-Tryokhostrovskaya; Б – Vertyachinsko-Peskovatskaya;
 В – Golubinskaya; Г – Kalachevskaya; Д – Cherkasovsko-Karpovskaya;
 Е – Primorskaya; Ж – Lyapichevsko-Donskaya.

Model sites: Г2 – Lakes Bugokovo – Srednee – Nijnee;
 Г3 – Lake Annushkino; Ж2 – Donskaya Tsaritsa River in flood.

Model sites are marked by shading

Таблица 1. Структура и площади основных групп нерестовых угодий Верхнего плёса Цимлянского водохранилища
Table 1. Structure of main spawning areas within the Upper section of the Tsimlyansk Reservoir

Группы нерестовых угодий и их индекс на рисунках	Общая площадь, га	Участки нерестилищ
А – Качалинско-Трехостровская	Около 1 750	А1 – Быстринский А2 – Зимовейский А3 – Трехостровской
Б – Вертячинско-Песковатская	Свыше 2 000	Б1 – Вертячинский* Б2 – 4-ая Туба Б3 – Песковатский
В – Голубинская	Свыше 2 300	В1 – Голубинский левобережный В2 – Голубинско-Набатовский В3 – Малолюбинский В4 – Голубинский затон
Г – Калачевская	Около 6 200	Г1 – Оз. Некрасово* Г2 – Оз. Бугаково – Среднее – Нижнее* Г3 – Оз. Аннушкино*
Д – Черкасовско-Карповская	Около 6 300	Д1 – Заводской Затон Д2 – Черкасовский* Д3 – Степной* Д4 – Разливы р. Карповка* Д5 – Черездорожный* Д6 – Калачевский правобережный
Е – Приморская	Свыше 1 200	Е1 – Оз. Карасево* Е2 – Озёрный*
Ж – Ляпичевско-Донская	Около 2 120	Ж1 – Разливы р. Донская Царица* Ж2 – Островной* Ж3 – Ляпичевский

Примечание. Звёздочкой обозначены мелиорированные участки нерестилищ

Таблица 2. Основные факторы, определяющие состояние модельных участков нерестилиц Верхнего плёса Цимлянского водохранилища
Table 2. Main factors determining the spawning conditions within case study sites of the Upper section of the Tsimlyansk Reservoir

Основные факторы	Участки нерестовых угодий и их индекс на рисунках		
	Г2 – Оз. Бугаково – Среднее – Нижнее	Г3 – Озеро Аннушкино	Ж2 – Разливы р. Донская Царица
Местоположение	Левобережная часть Верхнего плёса, от х. Рюмино-Красноярский до г. Калач-на-Дону		Левобережная часть Верхнего плёса, залив Д. Царицы
Общий характер нерестового участка	Слабо проточные пойменные нерестилища озёрно-речного (полуречного) типа; полосой протягиваются вдоль берега и соединяются между собой и с водохранилищем протоками. Являются частью системы пойменных озёр, стариц и заболоченных участков, затопленных при создании водохранилища и сохранивших свой контур. Часто выделяются как единый нерестовый массив		Нерестилища речного типа; сформировались в нижнем течении притока, подтопленного при создании водохранилища с образованием залива. Проточность обеспечивается стоком реки
Преобладающие русловые процессы	Свободное меандрирование с унаследованными крутыми излучинами русла Дона, ограниченная руслово-пойменная многорукость	Руслово-пойменная многорукость	Руслово-пойменная многорукость со свободной миграцией русла в приустьевой зоне
Морфометрические показатели:*	Для оз. Нижнего: – глубина макс./ср. 8,8 м / 4,4 м – длина 3,48 км – ширина 1,16 км – площадь 1,34 км ²	5,1 м / 2 м 1,05 км 0,46 км 0,25 км ²	6,0 м / 3,3 м 111 км, низовья – 8,5 км 0,04–0,08 км –
Геоморфологическое положение	Затопленная современная пойменная терраса Дона	Затопленные современная пойменная и позднечетвертичная I-ая террасы Дона	Залив водохранилища на месте затопленных дельты реки, безымянного ерика и их пойменных террас
Почвогрунты	<i>Донные отложения:</i> преимущественно глинисто-песчаные илы; в тыловых частях меандров – песчано-глинистые илы, реже илистые глины <i>Почвы на незаливаемых участках:</i>	<i>Донные отложения:</i> песчано-глинистые илы, иловатые глины и суглинки <i>Почвы на незаливаемых участках:</i> лугово-болотные; лугово-каштановые; светло-каштановые; пески слабо	<i>Донные отложения:</i> песчано-глинистые илы и илистые глины, пески <i>Почвы на незаливаемых участках:</i> лугово-болотные; лугово-каштановые; светло-каштановые; местами пески слабо гумусированные

	лугово-болотные; пески бугристые	гумусированные	
Залитие нерестилиц	Входят в полосу осушения водохранилища. Регулярно заливаются. При уровне воды > 36 м – полное залитие, с вероятностью 25 %.		
	При 35 м залитие < 70 %, при 34 м – < 40 %	При 35 м – > 60 %, при 34 м – < 10 %	При высоком уровне соединяются с разливами р. Карповки
Переформирование берегов и заиление	Слабая проточность, меандрирование русла, зарастание макрофитами и «цветение» воды способствуют интенсивному илообразованию и накоплению органического детрита		Абразия отмечена по левому берегу залива, который занесён до отметок 33,0–33,5 м, местами до 34,0 м влекомыми наносами притока с формированием конуса выноса и продуктами абразии
	Абразия локально проявляется по правому берегу	Процессы абразии слабо выражены	
Степень зарастания макрофитами	До 60–70 % площади нерестилица	До 90 % площади нерестилица	Зарастание куртинное до 60 % площади
Другие факторы воздействия, обусловленные хозяйственной деятельностью	Загрязнение ТБО	Загрязнение ТБО	Загрязнение ТБО и отходами с/х производства; распашка и выпас в ВОЗ; несанкционированный забор воды и сброс стоков

Примечание: Морфометрические показатели участков приведены по данным съёмки 2010 г. при уровне воды 34,65 м.

На участках нерестилиц, сформировавшихся на месте затопленной поймы и I-й террасы Дона (комплекс озёр Бугаково – Среднее – Нижнее и оз. Аннушкино), в силу их геоморфологической специфики (слабая проточность, меандрирование и многорукавность русла), процессы осадконакопления и зарастания проходят с большей интенсивностью по сравнению с открытыми участками плёса (рисунок 2), причем оба фактора усиливают действие друг друга, что подтверждается результатами исследований предыдущих лет [Оценка современного состояния..., 1996; Архипов, 2002].

Сопряжённый картографический анализ пространственного размещения основных нерестовых угодий Верхнего плёса и выявленных ранее экологических конфликтов на акватории водохранилища и его ближайшем водосборе [Novikova *et al.*, 2012; Экономические и территориальные..., 2013; Калюжная и др., 2015] позволил получить наглядное представление о характере антропогенно обусловленных факторов, оказывающих негативное воздействие на состояние нерестовых угодий (рисунок 2), а также выделить напряжённые в экологическом отношении участки.

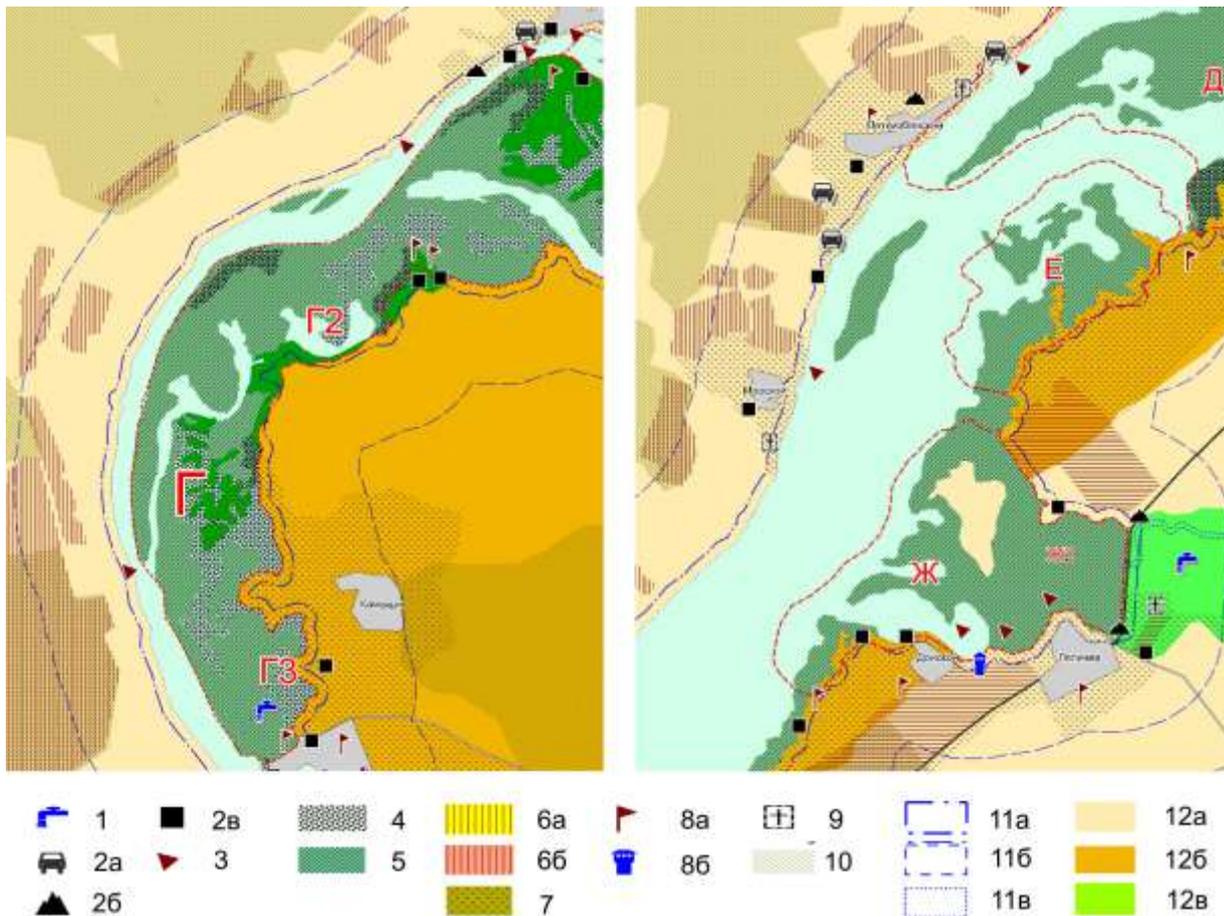


Рисунок 2. Основные факторы воздействия на модельных участках нерестилищ Верхнего плёса Цимлянского водохранилища

Условные обозначения. Модельные участки нерестилищ: Г2 – Оз. Бугоково – Среднее – Нижнее; Г3 – Оз. Аннушкино; Ж2 – Разливы р. Донская Царица;

Основные факторы воздействия: 1 – Сброс стоков в водные объекты; 2 – Загрязнение: 2а – нефтепродуктами; 2б – отходами сельскохозяйственного производства; 2в – твёрдыми бытовыми отходами; 3 – Абразия берегов; 4 – Зайление участков водохранилища; 5 – Заращение мелководий макрофитами; 6 – Распашка: 6а – в водоохранной зоне (ВОЗ); 6б – на эрозионно-опасных склонах; 7 – Выпас в ВОЗ; 8 – Осуществление иной хозяйственной деятельности в ВОЗ без соответствующей разрешительной документации: 8а – землепользование; 8б – водопользование и забор подземных вод; 9 – Действующие кладбища в ВОЗ; 10 – Степные и лесные пожары; **Границы:** 11а – ВОЗ водохранилища (200 м) согласно Водному кодексу РФ; 11б – ВОЗ водохранилища (~2000 м) согласно «Проекту установления водоохранных зон и прибрежных защитных полос Цимлянского водохранилища» (2003); 11в – ВОЗ малых рек (50 м) согласно Водному кодексу РФ;

Природно-антропогенные ландшафты: 12а – сухих степей на каштановых почвах и сельскохозяйственных угодий на их месте; 12б – бугристых песчаных равнин; 12в – речных долин, в т. ч. сельскохозяйственные угодья

Figure 2. Main impact factors within case study spawning sites of the Upper section of the Tsimlyansk reservoir

Legend. Model sites of spawning areas: Г2 – Lakes Bugokovo – Srednee – Nijnee; Г3 – Lake Annushkino; Ж2 – Donskaya Tsaritsa River in flood;

Main impact factors: 1 – Disposal of waste waters; 2 – Pollution: 2a – by oil products; 2б – by agricultural waste; 2в – by solid waste; 3 – Banks abrasion; 4 – Silting of reservoir sites; 5 – Shallow water overgrown with macrophytes; 6 – Ploughing: 6a – in water protection zone (WPZ); 6б – on erosion-prone slopes; 7 – Grazing cattle in WPZ; 8 – Unauthorized production activity in WPZ: 8а – land use; 8б – water use and subterranean water use; 9 – Open cemeteries in WPZ; 10 – Steppe and forest fires; **Boundaries:** 11а – Reservoir WPZ (~2000 m) according to the RF Water Code; 11б – Reservoir WPZ (~2000 m) according to the Project establishing water protection zones and coastal protection bands in Tsimlyansk Reservoir (2003); 11в – small rivers WPZ (50 m) according to the RF Water Code; **Natural anthropogenic landscapes:** 12а – dry steppe with plane-tree soils and agricultural farmland on their place; 12б – bumpy sand plains; 12в – river valleys including agricultural farmland

Таблица 3. Состав и урожайность молоди рыб на модельных участках нерестилиц Верхнего плёса Цимлянского водохранилища*

Table 3. Composition and abundance of young fish in case study spawning sites of the Upper section of the Tsimlyansk Reservoir

Участки нерестовых угодий	Количество видов молоди (0+)	Доля промысловых видов, %	Урожайность, шт./замёт	
			общая по участку	промысловых видов
1980–1989				
оз. Бугаково – Среднее – Нижнее	8–16	71,3–99,6	103,7–9113,2	86,7–8794,8
оз. Аннушкино	3–10	88,7–100,0	57,0–3728,5	57,0–3591,5
разливы р. Д. Царица	4–15	1,1–95,9	23,5–2423,0	1,0–2326,0
1990–1999				
оз. Бугаково – Среднее – Нижнее	8–17	11,7–99,7	90,0–1790,0	10,5–1347,5
оз. Аннушкино	4–14	83,7–99,8	18,5–5760,0	15,5–5088,0
разливы р. Д. Царица	6–14	5,6–90,8	87,0–5457,0	7,0–2196,0
2000–2009				
оз. Бугаково – Среднее – Нижнее	9–14	58,8–99,4	68,0–1725,0	40,0–1715,5
оз. Аннушкино	4–14	35,2–100,0	16,0–927,5	16,0–863,5
разливы р. Д. Царица	2–14	1,0–83,4	5,0–601,5	0,5–355,0
2010–2016				
оз. Бугаково – Среднее – Нижнее	9–16	37,7–97,9	42,5–1426,3	26,0–1395,7
оз. Аннушкино	2–14	55,9–100,0	4,0–5735,5	4,0–5394,5
разливы р. Д. Царица	1–15	13,2–89,6	14,0–463,0	4,5–415,0

Примечание: Диапазоны значений (минимум-максимум) за указанные периоды приведены по данным Волгоградского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ»

В целом для Верхнего плёса экологически напряженными являются Голубинский, Калачевский, Карповский и Ляпичевский участки с широким развитием негативных процессов. Для модельных участков озер Бугаково – Среднее – Нижнее и оз. Аннушкино значимыми факторами воздействия являются зарастание макрофитами, заиление и загрязнение прибрежной полосы водохранилища твердыми бытовыми отходами. На разливах р. Донская Царица экологические конфликты преимущественно связаны с распашкой и выпасом в водоохранной зоне и на эрозионно-опасных склонах, которые сопровождаются деградацией почвенно-

растительного покрова, усилением эрозии и твёрдого стока, биогенным загрязнением береговой зоны и акватории.

Характерно, что в последнее десятилетие заилиение и зарастание мелководий, пригодных для нереста и нагула рыб, заметно усилились, что подтверждается данными других авторов [Курбатова, 2013; Кочеткова и др., 2016].

Результаты анализа ретроспективных данных (1980–2016 гг.) по составу и урожайности молоди рыб, представленные в таблице 3, свидетельствуют о нестабильности нерестовой обстановки на модельных участках Верхнего плёса.

Как видно из таблицы, число видов молоди рыб (без учёта бычков) на участках в разные периоды наблюдений варьировало от 1 до 17, доля промысловых видов – от 1,0 до 100 %, а урожайность молоди рыб, характеризующая эффективность воспроизводства – от 4,0 (оз. Аннушкино, 2010–2016 гг.) до 5760,0 шт./замёт (тот же участок в 1990–1999 гг., после прокоса путей миграции рыб на нерест). Минимальные показатели урожайности наблюдались в маловодные годы на сильно заросших макрофитами участках. Также следует отметить тенденцию уменьшения доли ценных промысловых видов в составе мальковых уловов.

В немалой степени отмеченные негативные процессы обусловлены прекращением с 1990-х гг. мелиоративных работ, что привело к интенсификации негативных процессов, ухудшению условий размножения и снижению численности нерестовых стад основных промысловых видов рыб – леща, синца, судака, сазана [Рекомендации..., 2017].

Тем не менее данные свидетельствуют о том, что, несмотря на ухудшение состояния нерестовых угодий Верхнего плёса, эффективность воспроизводства ВБР здесь по-прежнему значительно выше, чем на других плёсах водохранилища. Поэтому существует высокая вероятность восстановления их прежнего рыбохозяйственного потенциала при условии проведения рыбохозяйственной мелиорации и строгого соблюдения экологических требований [Калюжная и др., 2015; Рекомендации..., 2017]. Этот вывод подтверждает эффективность ранее регулярно проводимых мелиоративных работ: на Верхнем плёсе урожайность молоди мелиорированных участков в первые годы их эксплуатации была на порядок выше, чем немелиорированных [Хоружая, 2002].

ВЫВОДЫ

В ходе исследования предложены подходы к выявлению и анализу факторов, влияющих на состояние нерестовых угодий, которые апробированы применительно к модельным участкам Верхнего плёса Цимлянского водохранилища. Использование современных информационных технологий позволило: типизировать нерестовые угодья; выявить, охарактеризовать и пространственно отобразить наиболее значимые факторы, влияющие на условия естественного воспроизводства ВБР.

Подтверждена определяющая роль паводков в изменчивости условий среды обитания ВБР, разнообразии и продуктивности нерестовых биотопов водохранилища, лабильности биотических сообществ, что согласуется с основными положениями концепции пульса половодий крупных рек / Flood Pulse Concept [Górski, 2010] и концепции экотонной природы побережий Цимлянского водохранилища [Кутузов, 2011; Новикова и др., 2014].

Полученные результаты показали перспективность использования ГИС-технологий и космических снимков для решения рыбохозяйственных задач, в частности для планирования работ по мелиорации нерестовых угодий. Кроме того, они представляют интерес для общего понимания экологической ситуации на Цимлянском водохранилище и принятия обоснованных решений по его оздоровлению.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работы выполнялись в рамках тематических планов ФГБНУ «ГосНИОРХ» 2012–2016 гг. В части выявления и картографирования экологических конфликтов исследования проводились

при финансовой поддержке Программы № 28 фундаментальных исследований Президиума РАН: «Фундаментальные проблемы развития социально-экономического пространства РФ: междисциплинарный синтез» (Проект Института водных проблем РАН при участии специалистов МГУ имени М.В. Ломоносова и Волгоградского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ»).

Авторы искренне признательны коллегам из Института водных проблем РАН, Волгоградского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ» и других организаций, прежде всего профессору Н.М. Новиковой, А.Н. Наumenко, Х. Леумменсу, А.И. Кочетковой, Е.С. Брызгалиной, В.П. Горелову, В.С. Болдыреву, Т.Б. Голоколеновой и многим другим, принимавшим участие в отдельных этапах работы и её обсуждении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архинов Е.М.* Начало трансформации Цимлянского водохранилища в водоем озерного типа и ее влияние на естественное воспроизводство рыб // Рыбохозяйственные исследования в бассейне Волго-Донского междуречья на современном этапе (к 50-летию Волгоградского отделения ГосНИОРХ). – СПб.: ГосНИОРХ, 2002. – С. 69–72.
2. *Залетаев В.С.* Речные поймы как система экотон // Экосистемы речных пойм: структура, динамика, ресурсный потенциал, проблемы охраны / Под ред. В.С. Залетаева. – М.: РАСХН, 1997. – С. 7–17.
3. *Калюжная Н.С., Хоружая В.В., Калюжная И.Ю., Сохина Э.Н.* Основные факторы воздействия на условия естественного воспроизводства водных биоресурсов Верхнего плёса Цимлянского водохранилища // Актуальные проблемы аквакультуры в современный период. Материалы международной научной конференции. – Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 2015. – С. 76 – 78.
4. *Кочеткова А.И., Брызгалина Е.С., Сиротина С.Л.* Пространственно-временной анализ зарастания Цимлянского водохранилища // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика: материалы II Всероссийской научно-практической конференции. – Волгоград: Издательство ВолГУ, 2016. – С. 211–215.
5. *Курбатова И.Е.* Использование космической информации для мониторинга природно-территориальных комплексов побережий Цимлянского водохранилища // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т. 10. – № 3. – С. 217–227.
6. *Кутузов А.В.* Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга систем «вода-суша» на равнинных водохранилищах (на примере Цимлянского водохранилища) // Исследование Земли из космоса. – 2011, № 5. – С. 1–9.
7. *Латицкий И.И.* Метод учета численности рыб в Цимлянском водохранилище // Труды Волгоградского отделения ГосНИОРХ. – Т. 3. – 1967. – С. 117–130.
8. *Латицкий И.И.* Направленное формирование ихтиофауны и управление численностью популяций рыб в Цимлянском водохранилище. – Волгоград: Нижне-Волжское книжное издательство, 1970. – 277 с.
9. *Новикова Н.М., Волкова Н.А., Назаренко О.Г.* Функционирование экотонных систем побережья Цимлянского водохранилища // Аридные экосистемы. – 2014. – Т. 20. – № 4 (61). – С. 24–35.
10. Оценка современного состояния естественных нерестилищ Цимлянского водохранилища и разработка мероприятий по их мелиорации: отчет о НИР / Волгоградское отделение ГосНИОРХ. – Волгоград, 1996. – 147 с.
11. Рекомендации по улучшению экологического состояния Цимлянского водохранилища путем рыбохозяйственной мелиорации: отчет о НИР (промежуточный) / Волгоградское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ». – Волгоград, 2017. – 36 с.

12. Современное состояние берегов и дна Цимлянского водохранилища: отчет о НИР / ФГУ «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища. – Цимлянск, 2007. – 83 с.
13. Хоружая В.В. Роль мелиорированных нерестилиц Верхнего плеса в естественном воспроизводстве рыб Цимлянского водохранилища // Рыбохозяйственные исследования в бассейне Волго-Донского междуречья на современном этапе (к 50-летию Волгоградского отделения ГосНИОРХ). – СПб.: ГосНИОРХ, 2002. – С. 115–118.
14. Цимлянское водохранилище: состояние водных и прибрежных экосистем, проблемы и пути решения / Отв. ред. акад. Г.Г. Матишов. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. – 216 с.
15. Экономические и территориальные аспекты управления водохозяйственным комплексом России / Под ред. В.И. Данилова-Данильяна и В.Г. Пряжинской. – М.: РАСХН, 2013. – 311 с.
16. Górski K. Floods and Fish: Recruitment and distribution of fish in the Volga River floodplain, PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen, NL, 2010, 228 p.
17. Novikova N., Kalioujnaia I., Kalioujnaia N., Sokhina E., Zubov I. Identification and mapping of environmental conflicts for the Tsimlyansk water reservoir, In Arid Ecosystems, 2012, Vol. 2, Issue 3, pp. 156–164.

Nina S. Kalioujnaia¹, Irina J. Kalioujnaia², Victoria V. Khoruzhaya¹, Vera V. Samoteyeva¹, Evilina N. Sokhina¹

GIS-BASED EXPERIENCE OF INVESTIGATING THE STATUS OF SPAWNING AREAS WITHIN THE UPPER SECTION OF THE TSIMLYANSK RESERVOIR

ABSTRACT

This paper presents a GIS-based research approach to investigating the status and dynamics of spawning areas of the Tsimlyansk Reservoir (within Volgograd Region), one of the largest inland fishery water bodies in the South of Russia.

The spawning areas were considered in terms of the concept of ecotone origin, of the highly dynamic aquatic-terrestrial transitional environment in which temporary flooding is the main factor determining the diversity of spawning habitats, recruitment conditions, as well as ecosystem productivity.

The processing and interpretation of Landsat images for the spring and low-water seasons for years between 2005 and 2016, in combination with other data (large-scale topographic maps, fishery research, and scientific papers) allowed revealing the location of main spawning areas within the reservoir's Upper section and to calculate their areas.

For three case study sites located on the left bank of the reservoir, the main natural and anthropogenic factors determining the spawning conditions were identified. Retrospective analysis and synthesis of data on young fish composition and abundance between 1980 and today confirmed the importance of these sites for fish recruitment as well as the opportunities for their improvement by means of restoration measures.

The output maps present the spatial distribution of the spawning areas and the environmental factors directly or indirectly affecting fish recruitment conditions. The most impacted areas have

¹ Volgograd Branch, FSBRI «State Research Institute for Lake and River Fishery»; 400001, Russia, Volgograd, 1, Pugachyovskaya st; e-mail: voniorkh@mail.ru, nskrcb@yandex.ru

² Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University; 119991, Russia, Moscow, 1, Leninskie Gory; e-mail: kalioujnaia@yandex.ru

been determined, including the areas affected by abrasion, siltation and eutrophication processes, as well as pollution of the aquatic zone and water protection zone of the reservoir.

The results of the research are useful both for understanding the general environmental conditions of the Tsimlyansk Reservoir and for supporting management decisions towards its improvement.

KEYWORDS

upper section of the Tsimlyansk Reservoir, spawning areas, fish recruitment, environmental factors, GIS

REFERENCES

1. Arkhipov E.M. Nachalo transformacii Tsimlyanskogo vodohranilisha v vodoem ozernogo tipa i ee vlijanie na estestvennoe vosproizvodstvo ryb [The beginning of transformation of the Tsimlyansk Reservoir into a lake type water object and its influence on natural fish recruitment], In Rybohozajstvnyye issledovaniya v bassejne Volgo-Donskogo mezhdurech'ja na sovremennom etape (k 50-letiju Volgogradskogo otdelenija GosNIORH), St. Petersburg: GosNIORH, 2002, pp. 69–72 (in Russian).
2. Zaletayev V.S. Rechnyye poymy kak sistema ekotonov [River floodplains as a system of ecotones], In Ekosistemy rechnykh poym: struktura, dinamika, resursnyy potentsial, problemy okhrany, pod red. V.S. Zaletayeva, Moscow: RASKHN, 1997, pp. 7–17 (in Russian).
3. Kalioujnaia N.S., Khoruzhaya V.V., Kalioujnaia I.J., Sokhina E.N. Osnovnye faktory vozdeystviya na uslovija estestvennogo vosproizvodstva vodnyh bioresursov Verhnego pljosa Tsimlyanskogo vodohranilisha [Major impact factors affecting the conditions of natural reproduction of aquatic biological resources within the Upper section of the Tsimlyansk Water Reservoir], In Aktual'nye problemy akvakul'tury v sovremennyj period. Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Rostov-na-Donu: AzNIIRH, 2015, pp. 76–78 (in Russian).
4. Kochetkova A.I., Bryzgalina E.S., Sirotina S.L. Prostranstvenno-vremennoj analiz zarastaniya Tsimlyanskogo vodohranilisha [Spatio-temporal analysis of the overgrowing of the Tsimlyansk Reservoir], In Ecologicheskaja bezopasnost' i ohrana okruzhajushchej sredy v regionah Rossii: teorija i praktika: materialy II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Volgograd: Izdatel'stvo VolGU, 2016, pp. 211–215 (in Russian).
5. Kurbatova I.E. Ispol'zovanie kosmicheskoy informacii dlja monitoringa prirodno-territorial'nyh kompleksov poberezhij Tsimlyanskogo vodohranilisha [Utilization of space-based information for monitoring the environmental systems of the Tsimlyansk Reservoir coasts], In Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa, 2013, T. 10, No 3, pp. 217–227 (in Russian).
6. Kutuzov A.V. Ispol'zovanie dannyh distancionnogo zondirovaniya dlja monitoringa sistem «voda-susha» na ravninnyh vodohranilishchah (na primere Tsimlyanskogo vodohranilishcha) [Monitoring of the Large Flat Water Reservoirs Using Remote Sensing Data on a case study of the Tsimlyansk Reservoir], In Issledovanie Zemli iz kosmosa, 2011, No 5, pp. 1–9 (in Russian).
7. Lapitskij I.I. Metod uchyota chislennosti ryb v Tsimlyanskom vodohranilische [Method for accounting fish population in the Tsimlyansk Reservoir], Trudy Volgogradskogo otdelenia GosNIORH, T. 3, 1967, pp. 117–130 (in Russian).
8. Lapitskij I.I. Napravlennoe formirovanie ihtiofauny i upravlenie chislennost'ju populjacij ryb v Tsimlyanskom vodohranilische [Directed formation of ichthyofauna and management of fish populations in the Tsimlyansk Reservoir], Volgograd: Nizhne-Volzhscoe knizhnoe izdatel'stvo, 1970, 277 p. (in Russian).
9. Novikova N.M., Volkova N.A., Nazarenko J.G. Funktsionirovanie ekotonnykh sistem poberezh'ya Tsimlyanskogo vodohranilisha [Functioning of ecotone systems at the Tsimlyansk Reservoir shores], Aridnye ekosistemy, 2014, T. 20, № 4 (61), pp. 24–35 (in Russian).

10. Otsenka sovremennogo sostojanija estestvennyh nerestilishch Tsimlyanskogo vodohranilishcha i razrabotka meroprijatij po ih melioracii: otchet o NIR [Assessment of the current state of the natural spawning areas of the Tsimlyansk Reservoir and the development of measures for their restoration: research report], Volgogradskoe otdelenije GosNIORH, Volgograd, 1996, 147 p. (in Russian).
 11. Rekomendacii po uluchsheniju ekologicheskogo sostojanija Tsimlyanskogo vodohranilishcha putem rybohozjajstvennoj melioracii: otchet o NIR (promezhutochnyj) [Recommendations for improving the ecological status of the Tsimlyansk Reservoir by fishery rehabilitation measures: research report (intermediate)], Volgogradskoe otdelenije FGBNU "GosNIORH", Volgograd, 2017, 36 p. (in Russian).
 12. Sovremennoe sostojanie beregov i dna Tsimlyanskogo vodohranilishcha: otchet o NIR [Current state of the coasts and bottom of Tsimlyansk Reservoir: research report], FGU "Upravlenie vodnymi resursami Tsimlyanskogo vodohranilishcha", 2007, 83 p. (in Russian).
 13. Khoruzhaya V.V. Rol' meliorirovannyh nerestilishch Verhnego plyosa v estestvennom vosproizvodstve ryb Tsimlyanskogo vodohranilishcha [The role of reclaimed spawning areas of the Upper section in natural fish recruitment of the Tsimlyansk Reservoir], In Rybohozjajstvennye issledovaniya v bassejne Volgo-Donskogo mezhdurech'ja na sovremennom etape (k 50-letiju Volgogradskogo otdelenija GosNIORH), St. Petersburg: GosNIORH, 2002, pp. 115–118 (in Russian).
 14. Tsimlyanskoye vodohranilishche: sostojanie vodnyh i pribrezhnyh ekosistem, problemy i puti reshenija [Tsimlyansk Reservoir: state of aquatic and terrestrial ecosystems, problems and solutions], Otv. red. akad. G.G. Matishov, Rostov-na-Donu: Izdatelstvo JuNC RAN, 2011, 216 p. (in Russian).
 15. Ekonomicheskie i territorial'nye aspekty upravlenija vodohozjajstvennym kompleksom Rossii [Economic and territorial aspects of water management in Russia], Pod red. V.I. Danilova-Danil'jana i V.G. Prjazhinskoj, Moscow: RASHN, 2013, 311 p. (in Russian).
 16. Górski K. Floods and Fish: Recruitment and distribution of fish in the Volga River floodplain, PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen, NL, 2010, 228 p.
 17. Novikova N., Kalioujnaia I., Kalioujnaia N., Sokhina E., Zubov I. Identification and mapping of environmental conflicts for the Tsimlyansk water reservoir, *Arid Ecosystems*, 2012, Vol. 2, Issue 3, p. 156–164.
-