

*На правах рукописи*



**Вихрев Илья Витальевич**

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ  
ПОПУЛЯЦИЙ ЖЕМЧУЖНИЦЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ  
(*MARGARITIFERA MARGARITIFERA* L.) НА ВОСТОЧНОЙ  
ГРАНИЦЕ АРЕАЛА**

**03.02.08** – экология (биология)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата биологических наук

Сыктывкар – 2013

Работа выполнена в лаборатории комплексного анализа наземной и космической информации для экологических целей Института экологических проблем севера УрО РАН

Научный руководитель: **Болотов Иван Николаевич**, доктор биологических наук, зав. отделом Экологии, заместитель директора по научной работе Института экологических проблем Севера УрО РАН

Официальные оппоненты: **Новоселов Александр Павлович**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Северного филиала ФГУП «Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича»

**Лоскутова Ольга Александровна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории ихтиологии и гидробиологии Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Ведущая организация: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б.М. Житкова Российской академии сельскохозяйственных наук

Защита диссертации состоится «25» декабря 2013 года в 16-30 час. на заседании диссертационного совета Д 004.007.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте биологии Коми научного центра УрО РАН: 167982, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Коммунистическая, 28.

E-mail: [dissovet@ib.komisc.ru](mailto:dissovet@ib.komisc.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Коми научного центра УрО РАН по адресу: 167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24

Автореферат разослан «23» ноября 2013 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета,



Кудяшева Алевтина Григорьевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Виды двустворчатых моллюсков отряда Unionoidea, или наяды – важная составляющая пресноводных экосистем всех континентов, за исключением Антарктики. В последние десятилетия они привлекают к себе значительное внимание в связи с их широким распространением и значением для экосистем (Graf, 2007).

Жемчужница европейская (*Margaritifera margaritifera*), по некоторым оценкам, наиболее угрожаемый вид пресноводных наяд (Machordom et al., 2003). Ареал данного вида охватывает западную окраину Европы от Архангельской и Мурманской областей на севере до Альпийских гор на юге (включая прилегающие крупные острова – Великобританию и Ирландию) и атлантическое побережье Северной Америки от Ньюфаундленда на востоке Канады до штата Делавэр в США (Wells et al., 1983; Зюганов и др., 1993; Smith, 2001; Oulasvirta, 2006).

Особенностью биологии жемчужницы европейской является ее сложный жизненный цикл, связанный с лососевыми рыбами – атлантическим лососем или семгой (*Salmo salar*) и кумжей (*Salmo trutta*). Личинки жемчужницы (глохидии) паразитируют на жабрах молоди лососевых рыб (Зюганов и др., 1993). Такая тесная связь моллюска с рыбой приводит к прямой зависимости состояния популяций жемчужницы от состояния стад лососевых рыб в реках. Искусственное поддержание численности стад лососевых рыб организовано на рыбоводных заводах, однако их потенциал по поддержанию благоприятного состояния популяций жемчужницы практически не учитывается ни рыбоводами, ни малакологами.

В англоязычной литературе для характеристики роли жемчужницы в пресноводных экосистемах используются такие термины как 'indicator', 'flagship', 'umbrella' и 'keystone'. Иными словами, она рассматривается как доминирующий вид и даже эдификатор бентосных сообществ малых и средних рек с быстрым течением, каменистым или песчано-каменистым дном и наличием порогов и перекатов.

Восточная часть ареала жемчужницы, приходящаяся на Архангельскую область, исследована крайне фрагментарно. Современные авторы, как правило, англоязычные, проводя восточную границу распространения вида, действуют на основании предположений и имеющихся обрывочных данных, либо, не включая в него даже бассейна Онежского озера (Geist, 2010), либо, наоборот, маркируя как ареал устье Северной Двины и весь Зимний берег Белого моря (Larsen, 2005). Такие неточности неудивительны, принимая во внимание, что в настоящий момент наиболее изученными оказались реки Карелии и Кольского полуострова, в то время как исследования водотоков восточной окраины Балтийского щита и зоны его сочленения с Восточно-Европейской платформой стали появляться лишь в последнее десятилетие (Беспалая и др., 2007). Изучение характеристик модельных популяций в пределах указанных типов ландшафтов позволит обсудить проблему естественных факторов, лимитирующих распространение вида.

Отличительной чертой жемчужницы европейской является ее тесная

историческая связь с локальным природопользованием. В течение нескольких веков данный вид имел высокое хозяйственное значение для местного населения, как источник пресноводного жемчуга. Учитывая такую особенность вида, для реконструкции его ареала и выяснения причин современного состояния популяций необходимо использовать обширный пласт исторических документов. Подобные исследования до сих пор проводились лишь для Карелии (Махров и др., 2007) и, отчасти, для Мурманской области (Голубев, Есипов, 1997; Гилязова, 2002).

**Цели и задачи исследования.** Настоящая работа посвящена анализу современного состояния популяций жемчужницы европейской в бассейнах рек с различными ландшафтными условиями водосбора на восточной границе ареала.

Для достижения этой цели решались следующие **задачи**:

1. провести реконструкцию исторического ареала вида на указанной территории с привлечением исторических данных и материалов полевых исследований;
2. провести популяционно-экологические исследования жемчужницы европейской в указанном регионе для рек с различными ландшафтными условиями водосборов;
3. изучить изменчивость формы раковин в популяциях жемчужниц, обитающих в реках на широтном градиенте;
4. проанализировать и выделить основные угрозы для существования вида и предложить меры охраны и восстановления численности.

**Основные положения, выносимые на защиту.**

1. С востока ареал жемчужницы европейской ограничен широким распространением карбонатных и сульфатных осадочных пород палеозоя, повышающих минерализацию рек и препятствующих существованию вида.
2. Широкое распространение жемчужницы европейской в условиях высокого разнообразия занимаемых местообитаний свидетельствует о пластичности фенотипа вида и его высоких адаптивных возможностях.
3. Жемчужница европейская – один из видов, нуждающихся в специальных мерах охраны. В историческом прошлом его численность снижалась из-за добычи жемчуга и раковин как перламутрового сырья. С начала XX века наиболее значимым фактором стала деградация экосистем.

**Научная новизна работы:**

- впервые обобщены исторические сведения, современные данные литературы и результаты полевых исследований о распространении жемчужницы европейской на восточной окраине ареала, проведена реконструкция ареала и его изменений;
- уточнена восточная граница ареала жемчужницы европейской, показано, что ее ареал ограничен распространением палеозойских карбонатных и сульфатных осадочных пород;
- проведены популяционно-экологические исследования жемчужницы европейской, выявлены ранее неизвестные популяции;

- получены данные по абсолютной численности вида на исследуемой территории;
- показано, что форма раковины жемчужницы подвержена сильной внутривидовой изменчивости на широтном градиенте;
- введены в научный оборот исторические источники по промыслу жемчуга и по лесосплаву на жемчужных реках;
- показана связь воспроизводства жемчужницы на восточной границе ареала с искусственным разведением лососевых рыб.

**Теоретическая и практическая значимость.** Результаты исследований использованы при разработке рекомендаций по организации производственного процесса на лососевых рыбоводных заводах. Данные рекомендации учитывают возможность рыбозаводов поддерживать уровень воспроизводства популяций жемчужницы. В рамках диссертационного исследования на Солзенском рыбоводном заводе установлена система автоматического мониторинга состава воды (анализ 12 показателей) ЕНР – Tekniikka Ltd. Результаты исследований могут использоваться для комплексной гидробиологической и рыбохозяйственной характеристики водоемов Европейского Севера. Полученные данные могут быть применены для разработки мер охраны жемчужницы, внедрения методик реинтродукции популяций. Результаты исследований могут использоваться в вузовских лекционных курсах по экологии и гидробиологии.

**Личный вклад автора.** Соискатель принимал участие в постановке цели и решении задач диссертационного исследования, сборе, камеральной обработке и определении собранного материала, статистической обработке данных, обобщении и анализе собственных, фондовых и литературных источников по теме исследования.

Экспедиционные исследования были выполнены в период с 2011 по 2013 гг. на реках Малошуйка, Нименьга, Сомба и Солза. Автором выполнены промеры 990 экз. моллюсков, дополнительно обработаны промеры 679 экз. моллюсков полученных лабораторией в предыдущие годы, а также промеры 830 экз. раковин, предоставленных коллегами из других институтов и взятых из литературных источников.

На основании собранного материала оформлена систематическая коллекция в научно-образовательном музее ИЭПС УрО РАН «Биоразнообразии Севера». Исследованы коллекционные материалы из Зоологического института РАН, г. Санкт-Петербург.

**Связь работы с научно-исследовательскими программами и темами.** Исследования выполнены в рамках ФНИР ИЭПС УрО РАН «Структура и динамика компонентов природных и культурных ландшафтов бореальной и субарктических зон Европейской части России в условиях меняющегося климата» № 01201256212 (2012-2014 гг.), междисциплинарного проекта УрО РАН «Ландшафтно-зональные условия и видовое разнообразие беспозвоночных животных на Европейском Севере: оценка роли природных и антропогенных факторов», ФЦП «Научные и

научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы», а также при поддержке грантов РФФИ № 11-04-98815-р\_север\_а, № 12-04-00594-а, № 12-04-09405-моб\_з, № 13-04-10107-к, УрО РАН № 12-П-5-1014, 12-М-45-2062 и гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых МД-4164.2011.5.

**Апробация работы.** Основные результаты работы были доложены и обсуждены на семи научных конференциях, из них пять международных: Всероссийская конференция с международным участием «Экология и геологические изменения в окружающей среде северных регионов», Архангельск, 2012 г.; IV Международная молодежная научная конференция «Экология - 2011», Архангельск, 2011 г.; XVIII Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы докладов», Сыктывкар, 2011 г.; VIII международная конференция «Влияние антропогенной деятельности на водный режим равнинных территорий», Михайловце, Словакия, 2011 г.; международная конференция «Биология и охрана пресноводных двустворчатых моллюсков», Браганца, Португалия, 2012 г.; II Всероссийская конференция с международным участием «Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере», Сыктывкар, 2013 г.; международная конференция «Всемирный малакологический конгресс», г. Понта-Дельгада, Португалия, 2013 г.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 11 работ, из них четыре статьи в рецензируемых журналах перечня ВАК РФ.

**Структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, приложения и списка цитируемой литературы, содержащего 191 работу, в том числе 72 публикации зарубежных авторов. Работа изложена на 123 страницах машинописного текста и содержит 5 таблиц и 23 рисунка.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. Физико-географическая характеристика региона исследований**

В главе обобщены сведения по физико-географическим характеристикам восточной окраины Балтийского щита и зоны его сочленения с Восточно-Европейской платформой. Здесь располагаются комплексы денудационно-тектонического холмисто-грядового типа ландшафта, развитые в пределах кряжа Ветреный Пояс, а также комплексы ледникового холмисто-грядового типа ландшафта. Специфика ландшафтов во многом определяет гидрологические и гидрохимические параметры водотоков: малый уровень заиления, бедность биогенными веществами, низкую температуру воды, высокую скорость течения, преобладание каменистых грунтов, большое число порогов и перекатов.

### **Глава 2. Материалы и методики исследований**

Сбор материала проводили на семи реках Архангельской области, включая притоки. Критериями для выбора водоемов являлись наличие исторических сведений о промысле жемчуга, материалы научных

исследований прошлых лет, свидетельствующие о существовании там популяций жемчужницы, информация местного населения и соответствие водотока теоретическим представлениям о параметрах, пригодных для обитания жемчужницы. Исследования были проведены непосредственно автором или с его участием в августе – сентябре 2011-2013 гг. Работа выполнена на базе лаборатории комплексного анализа наземной и космической информации для экологических целей Института экологических проблем Севера УрО РАН (г. Архангельск) с привлечением данных полевых работ, полученных этой лабораторией до начала настоящего диссертационного исследования, а также результатов работ 1928 г. Института промышленных изысканий Северного края на реках Казанка и Солза.

Общий объем материала, обработанный непосредственно автором: промерено 1669 экз. раковин жемчужницы. Для анализа широтной изменчивости формы раковины были использованы промеры еще 830 экз., любезно предоставленные коллегами.

Полевые исследования на реках Кожа, Солза и Казанка были проведены путем сплава на лодках. На реках Малошуйка, Нименьга, Юдьма и Сомба были изучены ключевые участки в пределах нерестово-выростных угодий лососевых рыб. Были подобраны такие участки, где было вероятным обнаружение поселений жемчужницы. Для этого проведена визуальная оценка гидрологических условий на базе имеющегося опыта исследований в других реках России, Норвегии и Финляндии (Young et al., 2003; Hastie, 2003). На каждом из обследуемых участков русел рек закладывали по несколько трансект различного размера (в зависимости от гидрологических параметров и ширины русла реки). На каждой трансекте визуальный поиск моллюсков производили в гидрокостюме с маской и трубкой. Некоторые трансекты на мелководных участках реки обследовали с помощью акваскопа. Всех обнаруженных моллюсков собирали в сетку и доставляли на берег для промеров и взвешивания. Промеры проводили по стандартной схеме с помощью электронного штангенциркуля типа ШЦЦ-1-125 (Россия) с точностью до 0.01 мм. После промеров моллюсков сразу же возвращали обратно на тот участок реки, откуда они были собраны. На каждой трансекте проводили также гидрологические исследования. Визуальную оценку состава грунта и водной растительности выполняли операторы при поиске жемчужниц. Типы грунтов выделяли по классификации, разработанной для лососевых рек (Веселов и др., 2001). Скорость течения определяли с помощью поплавка и мерной рейки по стандартной методике (Методика..., 1975). В полевых условиях определяли pH, температура воды и содержание кислорода портативным мультиметром Eutech PCD650 (Thermo Scientific, Нидерланды).

Гидрохимический анализ проб воды сделан в аккредитованной лаборатории аналитического центра Северного Арктического федерального университета. Электропроводность анализировали при 20°C кондуктометром (HANNA Instruments). Для анализа содержания основных анионов и катионов

на каждом участке была отобрана смешанная проба воды согласно ГОСТ Р 51592-2000. Части каждой пробы консервировали для последующего определения ХПК и тяжелых металлов. Анализ сделан на градиентной ВЭЖХ системе со спектрофотометрическим и амперометрическим детектированием «Стайер» (НПКФ «Аквилон», Россия) и системе капиллярного электрофореза «Капель-104Т» (ООО «Люмэкс», Россия). ХПК (общее содержание в воде окисляемых кислородом соединений) определяли на анализаторе «Флюорат-02-3М» (ООО «Люмэкс», Россия). Концентрацию тяжелых металлов определяли методом атомной абсорбции на ААС novAA 315 (Analytik Jena AG, Германия).

Для исследования истории отлова и воспроизводства лосося, истории промысла жемчуга, а также выявления информации о сплаве леса, был проведен поиск и анализ архивных источников и опубликованных материалов. На его основе была сформирована библиографическая база данных, включающая публикации, научные отчеты и неопубликованные архивные документы разных лет (начиная с середины XIX века). Поиск источников был проведен в Государственном архиве Архангельской области (далее ГААО), архиве Архангельского областного краеведческого музея (далее архив АОКМ), Санкт-Петербургском филиале Архива РАН (далее СПФРАН). Данные были систематизированы и обобщены с позиций историко-географического подхода (Жекулин, 1982), что позволило сделать достоверную реконструкцию истории использования и воспроизводства биологических ресурсов. Также использованы данные ФГУ «Севрыбвод» и СевПИНРО о биологических показателях семги, ее уловах на рыбоучетном заграждении Онежского и Солзенского рыбозаводов и последующих выпусках молоди в реку. Климатические данные для анализа широтной изменчивости формы раковины получены из базы данных: Climatic Research Unit DataBase ([www.cru.uea.ac.uk](http://www.cru.uea.ac.uk)). Среднегодовые температуры для каждой реки были получены осреднением исходных данных за последние 20 лет.

Статистический анализ биометрических данных проводили стандартными методами (Пузаченко, 2004). Раковины характеризовали, определяя их длину ( $L$ ), максимальную высоту ( $H_m$ ) и выпуклость ( $B$ ) (по: Скарлато и др., 1990, Зюганов и др., 1993). Для каждой раковины были вычислены основные морфометрические индексы:  $B/H_m$ ,  $B/L$  и  $H_m/L$ . Для оценки размерной изменчивости признака  $B/H_m$  были построены графики зависимости этого индекса от длины раковины ( $L$ ). Классификация выборок по трем морфометрическим индексам выполнена с помощью кластерного анализа, построение дендрограммы проводилось методом Варда. Расчеты выполнялись в пакетах Statistica 10 и «Microsoft Excel» версии 2010. Достоверность различий между выборками моллюсков с разных участков реки по морфометрическим параметрам определяли на основе однофакторного дисперсионного анализа в программе Statistica 10. По плотности особей жемчужницы на разных участках реки делали две оценки: средневзвешенное (на площадь) и медианное значения.

Возраст наиболее молодых особей моллюсков в выборках определяли расчетным методом по следующей формуле (Семенова и др., 1992):

$$y = (0.275x - 0.206) \pm 0.254, \quad (1)$$

где  $y$  – возраст (лет),  $x$  – длина створок раковины ( $\leq 74.5$  мм).

Оценку численности популяций жемчужницы ( $N$ , экз.) проводили по следующей приближенной формуле (Болотов и др., 2012):

$$N \approx \frac{D_1 + D_2}{2} \times S; \quad (2)$$

где  $S$  – площадь нерестово-выростных участков лососевых рыб в реке,  $m^2$ ;  $D$  – плотность особей жемчужницы на этих участках, экз./ $m^2$  ( $D_1$  – средневзвешенная плотность особей на суммарную площадь учетных участков,  $D_2$  – медиана плотности особей по отдельным учетным участкам).

### **Глава 3. Литературный обзор данных о распространении и современном состоянии популяций жемчужницы европейской**

В настоящей главе показано, что изученность распространения и современного состояния популяций жемчужницы европейской носит неоднородный характер.

На сегодняшний день наиболее многочисленные популяции моллюска описаны на территории Кольского п-ова. Так, в 1946 году около 2 млн. особей жемчужниц было обнаружено в притоках оз. Вадозеро (Баранов, 1949). Спустя 30 лет было предпринято повторное обследование этого водоема, подтвердившее наличие популяций моллюска (Голубев, Есипов, 1973). Крупнейшая популяция жемчужницы в Европе описана из р. Варзуга, где численность жемчужницы оценивается примерно в 141 млн. особей (Зюганов и др., 1993). Одна из первых научных экспедиций по изучению вида была предпринята в 30-е гг. XX в. в Карелии под руководством Б.В. Властова. Особое внимание исследователь уделил жемчужнице в р. Кереть (Властов, 1934). Современные данные по распространению жемчужницы в Карелии обобщены в работе А.А. Махрова с соавт. (2009, 2011). До сих пор сохраняются популяции жемчужницы в реках Ленинградской области, где она обнаружена в трех водотоках (Островский, Попов, 2009). Наиболее точные и детальные обзоры современного состояния и распространения популяций жемчужницы в Европе представлены работами Зюганова с соавторами (1993), Young с соавторами (2001a), Araujo и Ramos (2000), Geist (2010). В ряде старых работ (Верещагин, 1929; Евдокимов, 1936; Гуттуев, 1930, 1936 и др.) содержатся сведения и сделан обзор литературы за период вплоть до начала XX в. Их анализ показывает, что данный вид был довольно широко распространен в реках бассейна Белого моря к западу от р. Северной Двины, в том числе Солза и ее приток Казанка, Сюзьма, Яреньга, Вайга, Хайно-ручей, Онега с притоками (в числе которых Кожа с притоком Сывтюгой), Сомба, Нименьга, Малошуйка. Из более поздних работ имеется только краткое сообщение (Болотов, Семушин, 2003) о состоянии популяции

жемчужницы в р. Казанке на 1998 г. и статья (Беспалая и др., 2007), характеризующая статус популяций в Солзе и Казанке.

#### **Глава 4. Распространение и состояние популяций жемчужницы европейской в реках с различными ландшафтными условиями водосборов**

**4.1. Историческая география распространения жемчужницы на востоке ареала.** Анализ архивных документов и литературных источников XIX – нач. XX веков позволяет достаточно точно очертить пределы исторического ареала жемчужницы европейской (рис. 1). Так, на территории современной Архангельской области промысел жемчуга осуществлялся на реках бассейна Белого моря от Солзы и Казанки на востоке, до Малошуйки и Нименьги на западе. В XIX и начале XX веков жемчуг добывали в бассейне реки Онеги – реках Сомбе, Ивенге, Коже и ее притоке Сывтуге. Кроме того, случайный промысел имел место в реках Онежского п-ова. Меньше всего сведений дошло до нас о существовании популяций жемчужницы к западу от Онеги, что связано, скорее всего, с труднодоступностью района для промышленников и невысокими запасами жемчуга в водотоках. Попытки обнаружить жемчужницу в бассейне Северной Двины и речках Зимнего берега Белого моря были предприняты в 1937 году (Предварительный отчет экспедиции..., 1937, Архив АОКМ д. 4, оп. 51, л. 47-49). В результате полевых работ было показано, что к востоку от бассейна р. Солза жемчужница отсутствует.

На основании архивных и литературных данных можно выделить более 20 больших и малых рек в пределах изучаемого региона, для которых существуют упоминания о находках там жемчужницы. Однако при характеристике исторического ареала правильнее говорить не о конкретных водоемах, а об их бассейнах, поскольку отсутствует информация о большом количестве малых водотоков. В условиях, когда речные экосистемы в массе своей были не нарушены, жемчужница обитала в границах своего естественного ареала, распределяясь по нему более-менее равномерно, заселяя большие и малые реки и ручьи.

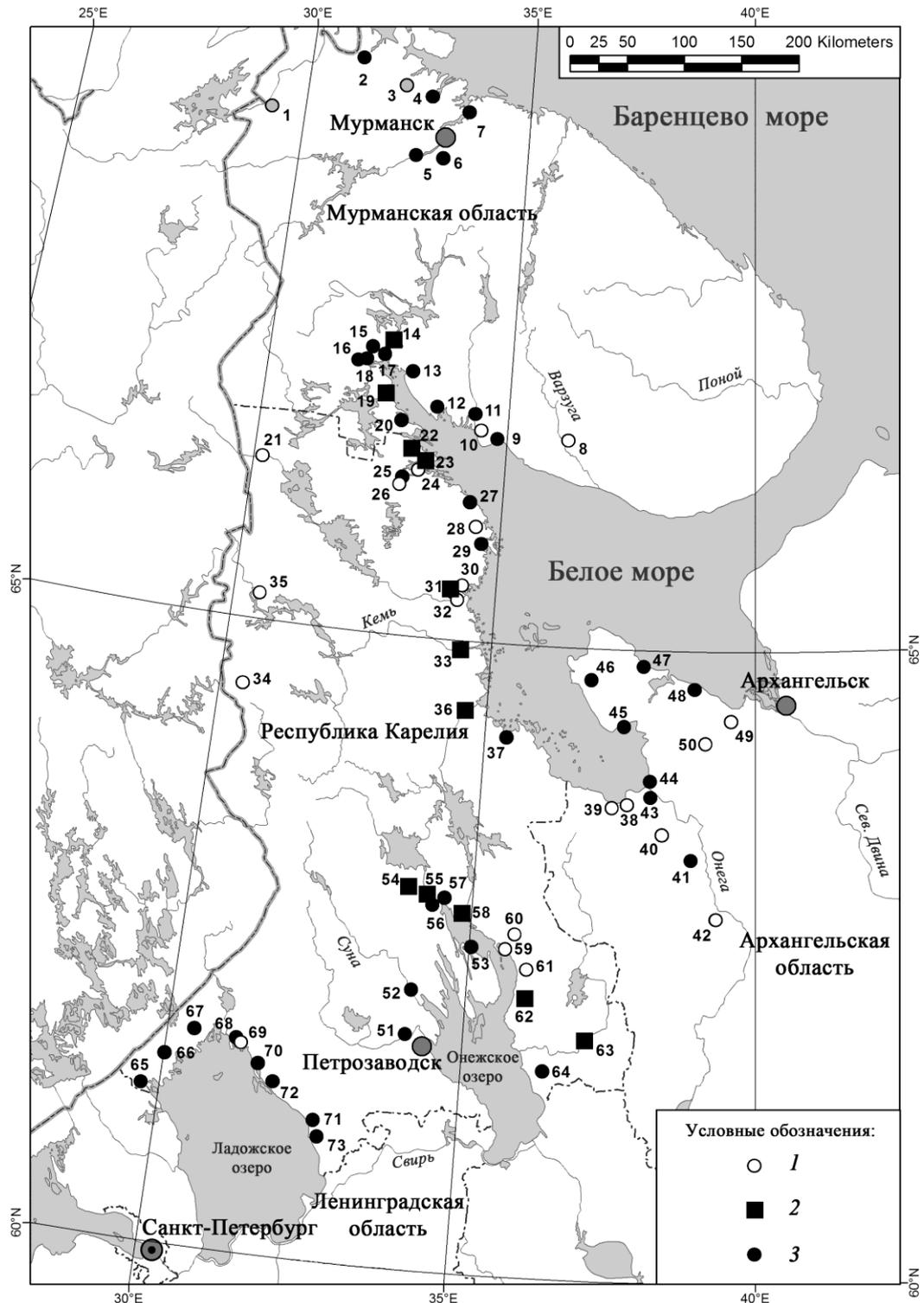


Рисунок 1. Реконструкция исторического ареала жемчужницы европейской на северо-западе России (Наши данные: Makhrov et al., 2013). 1 - популяции, сохранившиеся по данным исследований в 2001-2013 гг., 2 - популяции, не найденные в результате исследований 2001-2013 гг., 3 - популяции, известные по старым данным (до 2000 г.), современная информация о них отсутствует. Номера рек см. Makhrov et al., 2013 ([http://link.springer.com/content/esm/art:10.1007/s10750-013-1546-1/file/MediaObjects/10750\\_2013\\_1546\\_MOESM1\\_ESM.doc](http://link.springer.com/content/esm/art:10.1007/s10750-013-1546-1/file/MediaObjects/10750_2013_1546_MOESM1_ESM.doc))

#### **4.2. Современное распространение жемчужницы европейской.**

Проведенные исследования показали наличие популяций жемчужницы в следующих водотоках изучаемого региона: Солза с притоком Казанка, Сомба, Кожа, Малошуйка, Нименьга с притоком Юдьма.

В границах изучаемого района выделяется два основных ландшафтных региона, к которым приурочены реки, где обитает жемчужница европейская. Первый регион – запад Русской равнины. Он характеризуется ледниковыми холмисто-грядовыми ландшафтами. Здесь типичным примером является бассейн р. Солзы. Вторым регионом, в рамках которого изучались популяции жемчужницы, располагается в зоне глубинных разломов, разделяющих Фенноскандию и Русскую плиту к западу от русла р. Онега, т.е. фактически на восточной окраине Балтийского щита, представлен денудационно-тектоническим холмисто-грядовым типом ландшафта. Здесь популяции жемчужницы европейской обнаружены в реках Кожа и Сомба.

На основании оценки компонентов грунтов в местах обитания жемчужницы, нами выделено четыре типа местообитаний, к которым приурочен вид в изученных водотоках.

1. Крупновалунные пороги с быстрым течением.
2. Валунно-галечные перекаты с быстрым течением.
3. Галечно-гравийные перекаты с быстрым течением.
4. Гравийно-песчаные перекаты с медленным течением.

В целом, по гидрохимическим показателям, состав воды обследованных рек сопоставим, и укладывается в пределы, описанные в литературе (Bauer, 1988; Зюганов и др., 1993; Oliver, 2000). Как показывают наши исследования, обилие растворенной в воде органики не является лимитирующим фактором для обитающих здесь популяций жемчужницы, что позволяет в целом расширить представления о пределах толерантности вида. Следует отметить общность гидрологических условий обитания жемчужницы во всех обследованных водотоках. Она тяготеет к песчаным и галечно-песчаным субстратам в стороне от главной струи с сильным течением. На основании полученных данных по распространению жемчужницы можно констатировать, что моллюск не продвигается на восток дальше бассейна Солзы и Онежского полуострова, также жемчужница отсутствует в правых притоках Онеги и в самой Онеге. Сопоставление мест обитания жемчужницы с распространением подстилающих пород и картой минерализации поверхностных вод показывает, что восточная граница ареала жемчужницы совпадает с западной границей распространения известняков на Русской равнине и связана с зонами маломинерализованных поверхностных вод (минерализация менее 200 мг/л).

**4.3. Состояние популяций жемчужницы в реках с различными ландшафтными условиями водосборов.** Для оценки состояния популяций жемчужницы в реках выбраны следующие критерии: численность популяции (>500 экз.), возрастная структура и доля молодых особей в выборках ( $\geq 20\%$ ) (Söderberg, 2006; Зюганов и др., 1993).

Во время предыдущих исследований в р. Солзе максимальная плотность популяции, обнаруженная в нижнем течении реки в 640 м ниже рыбоводного завода, составила 4 экз./м<sup>2</sup> (Беспалая и др., 2007). Однако наши обследования русла реки в районе водосброса рыбоводного завода показали, что максимальная плотность популяции в Солзе достигает 900 экз./м<sup>2</sup>. Подобный разброс значений демонстрируют и размерная структура выборки, и доля молодых особей, которая более чем в два раза превышает критический уровень в 20% (Söderberg, 2006; Зюганов и др., 1993). Сравнение показателей доли ювенильных моллюсков в выборках вблизи и ниже рыбоводного завода выявляет разницу в показателе более чем в 6 раз. Максимальная плотность популяции в Казанке достигает 68 экз./м<sup>2</sup>. Частоты на гистограмме размерной структуры выборки жемчужниц из р. Казанки смещены в правую часть спектра относительно р. Солзы. Доля молодых моллюсков с длиной раковины  $\leq 70$  мм в р. Казанке в составила около 7% (Беспалая и др., 2007).

Плотность особей жемчужницы в р. Коже (Болотов и др., 2012) в зависимости от участка составляет 0.013-1.417 экз./м<sup>2</sup>, медиана 0.05 экз./м<sup>2</sup>. Выборка из р. Кожа по доминированию в ней крупных особей уступает лишь выборке из р. Сомба, где длины 90% особей жемчужницы сосредоточены в диапазоне 91-120 мм, в то время как в р. Коже в этот диапазон укладываются только 62% выборки. Соответственно, популяция жемчужницы в р. Коже может быть отнесена к стареющим, а ее воспроизводство в настоящее время происходит замедленно.

В р. Малошуйка значения плотности поселений жемчужницы зафиксированы в диапазоне от 0.03 до почти 1 экз./м<sup>2</sup>, что схоже с распределением, наблюдавшимся на р. Солза и р. Кожа. При этом медианная плотность, как и в р. Коже, остается достаточно низкой, менее 1 экз./м<sup>2</sup>. На этом фоне выделяются реки Юдьма и Нименьга. Так, в р. Юдьме зафиксирован довольно высокий показатель максимальной плотности популяции жемчужницы для Архангельской области – 12.8 экз./м<sup>2</sup>. Максимальная плотность жемчужницы в р. Нименьге достигает 12.6 экз./м<sup>2</sup>. Однако, доля молодых особей из выборок в реках Малошуйке и Юдьме по 2.7%, что гораздо ниже, чем в выборках из рек Казанки и Солзы. Распределение частот по размерным классам в реках Малошуйке, Нименьге и Юдьме свидетельствует о старении данных популяций.

Сравнение размерной структуры моллюсков и доли молодых особей в выборках обследованных рек с аналогичными характеристиками популяций Варзуги и Керети, в целом, свидетельствует о старении популяций жемчужницы в реках Архангельской области. Особняком стоит популяция р. Солза и ее притока р. Казанка. Уникальные показатели делают р. Солза своего рода «инкубатором» жемчужницы, который может положить начало восстановлению численности вида и в других водотоках региона.

**4.4. Изменчивость кривизны и максимальных размеров раковины жемчужницы европейской в популяциях на восточной границе ареала.** В качестве базовых параметров, отражающих изменчивость формы раковины, мы использовали основные соотношения  $V/Hm$ ,  $V/L$  и  $Hm/L$ , где  $V$  –

выпуклость раковины,  $L$  – длина,  $H_m$  – максимальная высота. На основании значения индекса  $V/H_m$  у жемчужницы европейской выделяются три морфологические формы (Болотов и др., 2013): *f. margaritifera* ( $V/H_m \leq 0.56$ ), *f. elongata* ( $V/H_m$  в интервале 0.58-0.62), *f. borealis* ( $V/H_m \geq 0.65$ ). Сравнение выборок раковин жемчужниц из семи обследованных рек с выборками из десяти рек северо-запада (Болотов и др., 2013) показало, что выборки из Кожы и Сомбы, как наиболее южные популяции обследованного региона, тяготеют к «южному» морфотипу с более выпуклой раковиной, стоя в одном ряду с реками Латвии и Ленинградской области. Все остальные выборки собраны гораздо севернее и показывают соответствующее распределение на гистограммах. Кластерный анализ выборок по значениям трех морфометрических индексов показал, что все они подразделяются на две группы, имеющие четкую географическую приуроченность – северную и южную. Таким образом, как в рамках изученного региона, так и в рамках всего северо-запада отмечаем четкую широтную изменчивость формы раковины, при этом различия между популяциями, приуроченными к выделенным выше ландшафтными зонам, не выявлены.

**4.5. Влияние температурных условий в период роста моллюска на форму раковины.** Рост жемчужницы европейской в постпаразитический период идет неравномерно и связан с температурой среды (Bauer, 1992). Как показано выше, индекс  $V/H_m$  обладает высокой межпопуляционной изменчивостью. Наиболее значимая граница между нашими выборками проходит примерно по  $63^\circ$  с.ш., что совпадает с некоторыми другими биогеографическими границами, например, с переходом от северотаежной подзоны к среднетаежной. Диаграммы распределения значения индекса  $V/L$  в зависимости от среднегодовой температуры показывает устойчивый линейный тренд ( $R^2=77\%$ ) увеличения выпуклости раковины при повышении среднегодовой температуры воздуха в речном бассейне. Таким образом, изменчивость формы раковин жемчужниц в широтном градиенте подчиняется общему тренду снижения выпуклости при понижении температуры.

## **Глава 5. Проблемы сохранения и восстановления численности популяций жемчужницы**

**5.1. Факторы, определяющие статус популяций жемчужницы на Европейском Севере России.** Можно выделить два типа факторов, негативно влияющих на популяции жемчужницы в реках Европейского Севера России. Первый – это непосредственное воздействие на популяции промысла жемчуга в течение XVI – нач. XX веков. Второй – антропогенное влияние на речные экосистемы, приводящее к изменению гидрохимических параметров, гидрологического режима, разрушению биотопов и сокращению численности популяций рыб-хозяев глохий жемчужницы (Зюганов и др. 1993; Махров, 2009; Oulasvirta, 2011; Geist, 2010; Makhrov et al., 2013).

Интенсификация молевого сплава имела место на рубеже XIX – XX веков, что связано с промышленным подъемом. Систематический лесосплав приводил к засорению дна водоемов, что в итоге способствовало исчезновению довольно крупных колоний моллюска в Карелии (Махров и др., 2011). Сравнительно малый период и небольшие объемы лесосплава не привели к исчезновению жемчужницы в Коже и Сомбе, но, как показали наши исследования, воспроизводство популяций в этих реках на сегодняшний день нарушено.

Тесная связь жизненного цикла жемчужницы с лососевыми рыбами приводит к прямой зависимости состояния популяций жемчужницы от состояния стад лососевых рыб в реках. На р. Кожа распространяется деятельность Онежского рыболовного завода, который отлавливает в ней производителей и выпускает молодь лосося. После реконструкции рыбозавода в 1984 году из-за перехода на выпуск подращенной молоди в возрасте 1+ произошло обвальное снижение числа выпускаемых рыб. Расчеты дают оценочную среднюю плотность сеголеток семги, способных обеспечить развитие глохидиев, на НВУ 0.01 экз./м<sup>2</sup> (Болотов и др., 2012), что в три-пять раз ниже критического для нормального воспроизводства жемчужницы уровня плотности мальков семги (Зюганов и др., 1993). Другой пример, это реки Солза и Казанка, которые обладают наиболее жизнеспособными популяциями жемчужницы в Архангельской области. В этих реках большую роль в размножении моллюска играет искусственное воспроизводство семги на Солзенском рыболовном заводе, что обеспечивает поддержание плотности молоди лосося на нерестово-выростных угодьях, которая необходима для воспроизводства жемчужницы (Беспалая и др., 2007).

**5.2. Охрана популяций и восстановление численности жемчужницы европейской в Архангельской области: реализованные решения и требуемые меры.** На территории Архангельской области достоверно подтверждено существование семи популяций жемчужницы европейской, приблизительная оценка общей численности особей в них – более 455000 экземпляров. Наиболее значимым негативным фактором остается сокращение численности стад лососевых рыб. В этих условиях деятельность рыболовных заводов становится критически важной для сохранения жемчужницы. Пример успешной рыболовной деятельности можно наблюдать на Солзенском рыбозаводе. Особенности этого рыбозавода являются его незамкнутая схема водоснабжения проточных бассейнов с молодью семги, и расположение непосредственно на берегу р. Солза. Вода для нужд завода, в том числе и в бассейны с рыбой, поступает непосредственно из реки, в результате чего происходит непреднамеренное заражение молоди семги глохидиями жемчужницы.

Как было показано выше, высокая плотность популяции и высокая доля ювенильных моллюсков в выборке были обнаружены ниже водосброса рыболовного завода. Солзенский рыболовный завод является собой едва ли не единственный пример деятельности, направленной на поддержание и

восстановление численности жемчужницы в Архангельской области. Наши исследования показали, что исключительное значение в сохранении жемчужницы имеет бассейн реки Солза и система «рыбозавод-река».

### **Выводы**

1. Реконструкция восточной части ареала жемчужницы европейской (Архангельская область) по данным о промысле жемчуга показала, что к началу XX века этот вид был широко распространен в реках региона. Промысел жемчуга не привел к исчезновению ни одной из популяций вида. Сведения об интенсивности промысла жемчуга могут косвенно свидетельствовать о численности популяций в исторический период (качественная оценка).

2. В настоящее время популяции жемчужницы выявлены в семи реках, относящихся к четырем речным бассейнам на территории Архангельской области. Приблизительная оценка общей численности – более 455 тыс. особей. Ландшафты, к которым приурочены эти речные бассейны, отличаются от таковых в Карелии и Мурманской области, и принадлежат к двум типам: а) ледниковый холмисто-грядовый; б) денудационно-тектонический холмисто-грядовый.

3. Распространение вида на восток ограничено геологическим строением – широкой полосой приповерхностного залегания карбонатных и сульфатных пород палеозоя, которая проходит вдоль правобережья Онеги и далее на северо-северо-восток по бассейну Северной Двины. В пределах распространения этих пород минерализация водотоков в межень резко превышает уровни, допустимые для существования жемчужницы.

4. Изученные популяции в реках Архангельской области в основном отличаются невысокой плотностью и крайне малой долей молодых особей, за исключением реки Солза. Воспроизводство моллюсков в таких популяциях замедлено, что связано, прежде всего, с недостаточной численностью молоди лососевых рыб – хозяев глохий жемчужницы.

5. Популяция жемчужницы в р. Солза резко отличается от остальных высокой долей молодых особей (43.5% от общего числа особей в выборке) и уникальной для восточной части ареала вида максимальной плотностью (до 900 экз./м<sup>2</sup>). Популяция воспроизводится благодаря деятельности Солзенского лососевого завода, когда заводская молодь лосося непреднамеренно заражается глохидиями жемчужниц, поступающих с током речной воды в бассейны с рыбой.

6. Популяции в восточной части ареала жемчужницы европейской в основном заселяют реки, протекающие в пределах малонарушенных, слабозаселенных и труднодоступных таежных ландшафтов. Однако катастрофическое снижение численности лососевых рыб-хозяев глохий из-за перелова приводит к нарушению естественного воспроизводства популяций жемчужницы. Для сохранения и восстановления численности этих моллюсков необходимо увеличивать масштабы деятельности по искусственному разведению лососевых рыб и зарыбление тех рек, где семга

и кумжа уже исчезли, а также развивать систему особо охраняемых природных территорий Архангельской области.

## СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Болотов, И.Н. Влияние истории использования и воспроизводства биологических ресурсов на современное состояние популяций европейской жемчужницы (*Margaritifera margaritifera* L.) и атлантического лосося (*Salmo salar* L.) на северо-западе России [Текст] / И.Н. Болотов, Ю.В. Беспалая, А.А. Махров, П.Э. Аспхольм, А.С. Аксенов, М.Ю. Гофаров, Г.А. Дворянкин, О.В. Усачева, **И.В. Вихрев**, С.Е. Соколова, А.А. Пашинин, А.Н. Давыдов // Успехи современной биологии. – 2012. – Т. 132. – № 3. – С. 239-258.

2. Беспалая, Ю.В. Историческая география промысла жемчуга в реках Южного Беломорья (Архангельская область) [Текст] / Ю.В. Беспалая, И.Н. Болотов, А.А. Махров, **И.В. Вихрев** // Известия РАН. Серия Географ. – 2012. – №1. – С. 96-105.

3. Болотов, И.Н. Итоги тестирования компараторного метода: кривизна фронтального сечения створки раковины не может служить систематическим признаком у пресноводных жемчужниц рода *Margaritifera* [Текст] / И.Н. Болотов, А.А. Махров, Ю.В. Беспалая, **И.В. Вихрев**, О.В. Аксенова, П.Э. Аспхольм, М.Ю. Гофаров, А.Н. Островский, И.Ю. Попов, И.С. Пальцер, М. Рудзите, М. Рудзитис, И.С. Ворошилова (Сергеева), С.Е. Соколова // Известия РАН. Серия Биол. – 2013. – № 2. – С. 245–256.

4. Makhrov A. Historical geography of pearl harvesting and current status of populations of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in western part of Northern European Russia [Текст] / A. Makhrov, Y. Besspalaya, I. Bolotov, **I. Vikhrev**, M. Gofarov, Y. Alekseeva, A. Zotin // Hydrobiologia. – 2013. – DOI: 10.1007/s10750-013-1546-1 (опубликовано онлайн 17.05.2013).

### В прочих изданиях:

1. Вихрев И.В. Современное состояние популяций жемчужницы европейской (*Margaritifera margaritifera* L.) на северо-восточном краю ареала (Архангельская область) [Текст] / И.Н. Болотов, Ю.В. Беспалая, М.Ю. Гофаров, О.В. Аксенова, С.Е. Соколова // Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере: Материалы докл. II Всеросс. конф. с межд. участием Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2013. С. 42.

2. Vikhrev I. Salmonid fish hatcheries of the White Sea as freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*(L., 1758) breeding stations [Текст] / I. Bolotov, Y. Besspalaya, A. Kondakov, A. Frolov, I. Paltser // World Congress of Malacology 2013. Book of Abstracts. Ponta Delgada, Sao Miguel, Acores, July 22-28, 2013. Antonio M. de Frias Martins et al. (eds.) Ponta Delgada, 2013. P. 211-212.

Подписано в печать 21.11.2013.  
Формат 60x84 1/16. Бумага офисная.  
Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 235.

Отпечатано с готового оригинал-макета  
Типография «КИРА»  
163061, г. Архангельск, ул. Поморская, 34, тел. 65-47-11.  
e-mail: oookira@atnet.ru