

ХабаровскНИРО 75 лет

УДК .597.552.511–116:597.087.1

В.В. Свиридов, С.Ф. Золотухин\*

Хабаровский филиал ВНИРО (ХабаровскНИРО),  
6800038, г. Хабаровск, Амурский бульвар, 13а**МЕТОДЫ ГИС ДЛЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ НЕРЕСТИЛИЩ  
ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ Р. АМУР**

Обоснован комплекс наиболее современных, актуальных и эффективных для инвентаризации нерестилищ тихоокеанских лососей р. Амур методов, базирующихся на геоинформационных системах (ГИС). Показано, что геоинформационные технологии позволяют оптимизировать процесс планирования, реализации, обработки, анализа, визуализации и представления результатов экспедиционных и камеральных работ за счет ускорения, упрощения и повышения их качества. Спроектирован, разработан и запланирован к внедрению комплекс методов для инвентаризации нерестилищ лососей, основанный на трех составляющих современной корпоративной ГИС: серверной, настольной и мобильной. Выполнено частичное наполнение корпоративной ГИС данными по нерестилищам, проведено тестирование посредством выполнения базовых операций: сбора данных в экспедиционных условиях, многопользовательского редактирования, геообработки, пространственного анализа, картографической визуализации, публикации защищенной от неавторизованного доступа Веб-ГИС и т.д. Оценены результаты пробной эксплуатации, произведена доработка для последующего использования в ходе комплексных рыбохозяйственных исследований бассейна р. Амур. Предложенные в работе технологии для инвентаризации нерестилищ лососей Амура являются модифицируемыми и масштабируемыми, при соответствующей доработке их можно распространить на другие виды гидробионтов и районы промысла, в том числе с созданием специализированных ГИС, адаптированных под конкретные задачи.

**Ключевые слова:** река Амур, тихоокеанские лососи, нерестилища, инвентаризация, корпоративная ГИС.

DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-730-746.

**Sviridov V.V., Zolotukhin S.F.** GIS methods for inventory of pacific salmons spawning grounds in the Amur River // *Izv. TINRO*. — 2020. — Vol. 200, Iss. 3. — P. 730–746.

Inventory of spawning grounds is an important tool for estimation of pacific salmons abundance and adequate management of their stocks. A set of the most up-to-date, relevant and effective methods based upon geographic information system (GIS) is substantiated, designed, developed and scheduled to implementation for inventory of the spawning grounds in the Amur basin. Abilities of GIS-technologies for optimization of the surveys planning and conducting and for processing, analysis, visualization and presentation of their results due to accelerated, simplified and enhanced workflow are shown. Three components of modern corporative GIS

\* Свиридов Владимир Владимирович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: vladimir.sviridov@gmail.com; Золотухин Сергей Федорович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: sergchum2009@yandex.ru.

Sviridov Vladimir V., Ph.D., leading researcher, Khabarovsk branch of VNIRO (Khabarovsk-NIRO), 13a, Amursky Boulevard, Khabarovsk, 680038, Russia, e-mail: vladimir.sviridov@gmail.com; Zolotukhin Sergey F., Ph.D., senior researcher, Khabarovsk branch of VNIRO (Khabarovsk-NIRO), 13a, Amursky Boulevard, Khabarovsk, 680038, Russia, e-mail: sergchum2009@yandex.ru.

are presented: server, desktop and mobile ones. The system is partially loaded with the data about spawning grounds, tested for the basic operations as data collection, multi-user editing, geoprocessing, spatial analysis, cartographic visualization, protected web publication, etc., and adjusted and improved using the results of this testing for further implementation in complex fisheries surveys in the Amur River basin. Proposed GIS-technology is modifiable and scalable, so can be spread to other species and areas after appropriate modification; the GIS can be specialized for certain practical tasks.

**Key words:** Amur River, pacific salmon, spawning grounds, inventory, corporate GIS.

## **Введение**

Река Амур по площади бассейна (1,855 млн км<sup>2</sup>) превосходит Охотское море (1,603 млн км<sup>2</sup>). Площадь нерестилищ тихоокеанских лососей в этом бассейне по имеющимся оценкам составляет: у осенней кеты в пределах РФ 9,50 км<sup>2</sup>, летней кеты — 5,75 км<sup>2</sup>, горбуши — 5,60 км<sup>2</sup>, а у симы пока остается неизвестной\*. Это самый крупный бассейн «лососевой» реки в Азии и Северной Америке, т.е. во всём нативном ареале тихоокеанских лососей.

Вопрос о необходимости изучения нерестового фонда лососевых рек Дальнего Востока России был поднят еще И.Ф. Правдиным [1939] в первых вариантах его «Руководства по изучению рыб». Основные нерестовые притоки тихоокеанских лососей в р. Амур были известны уже с начала 20-го в. [Черфас, 1940]. Актуальность исследований характеристик нерестилищ этого региона обусловлена их большой значимостью для прогнозирования динамики численности и эксплуатации лососей промыслом.

Значительная межвидовая и географическая изменчивость характеристик нерестилищ лососей Амура требует гибкого и правильного подбора методов их инвентаризации. Сложность сбора сведений о распределении и особенностях нерестилищ лососей Амура обусловлена большой протяженностью нерестовых водотоков этого региона, их малой доступностью, пониженной прозрачностью вод, блокированием водной поверхности небольших притоков нависающей древесной растительностью и другими причинами, что неизбежно сказывается на методологии и логистике учетных работ [Инструкция..., 1987\*\*; Золотухин, 2009].

Предлагаемое нами использование геоинформационных систем (ГИС) для инвентаризации нерестилищ лососей не является данью моде. Мировой опыт показывает, что методы ГИС зарекомендовали себя как эффективный инструмент рыбохозяйственных исследований [Атлас..., 2003; Волвенко, 2004, 2007, 2014, 2015; Шунтов, 2005; Шунтов, Волвенко, 2005, 2015; Eder, Neely, 2013; Meaden, Aguilar-Manjarez, 2013; Коломейко, Васильев, 2018]. Задачи, которые приходится решать рыбохозяйственной науке, по своей природе зачастую носят выраженный пространственный характер, связаны с распределением и миграциями видов в ареале, географической изменчивостью их биологических показателей и поведения.

ГИС не первый десяток лет находят применение в различных аспектах изучения нерестилищ тихоокеанских лососей [Экосистемы..., 1997; Золотухин, 2003, 2007; Семенченко, 2003; Золотухин и др., 2007; Золотухин, Ходжер, 2007; Лошкарева, 2009; Brown et al., 2017; Woll et al., 2017; Ronne et al., 2018]. Однако при всем своем разнообразии и значимости эти работы не предлагали комплексного геоинформационного подхода к инвентаризации нерестилищ лососей, направленного на объединение в единое целое всех составляющих современной ГИС — серверной, настольной и мобильной. Именно такой подход представляется нам наиболее перспективным и эффективным для исследования нерестилищ лососей, что и обусловило тему настоящей работы.

---

\* Самые верхние нерестилища осенней кеты отмечались в бассейне р. Аргунь в 3427 км от устья р. Амур [Берг, 1932].

\*\* Инструкция о порядке проведения обязательных наблюдений за дальневосточными лососевыми на КНС и КНП бассейновых управлений рыбоохраны и стационарах ТИНРО. Владивосток: ТИНРО, 1987. 23 с.

Целью работы было создание программного комплекса геоинформационных методов и технологий, который послужит платформой в последующие годы исследований и позволит оперативно, экономично и качественно проводить инвентаризацию нерестилищ лососей усилиями сотрудников ХабаровскНИРО, что запланировано пятилетней комплексной Программой рыбохозяйственных исследований бассейна р. Амур. Сообразно этому ставились следующие задачи: из всего существующего многообразия методов ГИС отобрать наиболее соответствующие задаче инвентаризации нерестилищ лососей Амура, объединить их в формате корпоративной ГИС; разработать базу геоданных, подходящую для унификации в единое целое разнообразных материалов по нерестилищам лососей Амура; включить в созданную ГИС тестовые наборы всех видов доступной информации по нерестилищам р. Амур; настроить сбор в реальном времени экспедиционных данных посредством мобильных ГИС; подключить к корпоративной системе настольную ГИС для редактирования, обработки, анализа и визуализации данных по нерестилищам лососей; протестировать работу всех составляющих разработанной ГИС.

Перечень задач во многом отталкивается от характеристик выбранного программного обеспечения (ПО). По этой причине выбор наиболее подходящего ПО был важным элементом работ. Перечислим требования к геоинформационному ПО для использования при инвентаризации нерестилищ: экономичные характеристики персонального компьютера (ПК) и смартфонов, качественные русскоязычные интерфейс и документация, невысокие требования к ГИС-навыкам пользователей. При сравнительной простоте использования и незначительных требованиях к оборудованию данное ПО должно включать все основные возможности современных ГИС для создания, редактирования, анализа и визуализации геоданных.

Программный комплекс должен включать все три компоненты современной корпоративной ГИС (серверную, настольную и мобильную), поддерживать многопользовательское редактирование геоданных в реальном времени, публикацию веб-карт в интра- и интернете, а также иерархию прав доступа. Для соответствия текущей политике импортозамещения в сфере государственных закупок ПО необходимо вхождение программного комплекса в единый реестр российских программ для ЭВМ. Желательным, но не обязательным было требование открытости исходного кода, а также возможности легальной бесплатной установки на неограниченное количество ПК и мобильных устройств.

### **Материалы и методы**

Предлагаемая работа является методической по своему характеру, что определило специфику использованных материалов и схему работ с ними. Мы не преследовали цель инкорпорировать в создаваемую ГИС все материалы по инвентаризации нерестилищ лососей Амура, накопленные в ХабаровскНИРО и отраслевых организациях, обработать их и представить результаты. Это еще предстоит сделать, а наша публикация предваряет подобного рода работы, закладывает методическую основу для их реализации в будущем посредством методов ГИС.

Основой тестовых наборов для включения в ГИС послужили материалы маршрутных обследований с описаниями нерестилищ, преднерестовых скоплений, гидрологической обстановки и других характеристик, полученные сотрудниками ХабаровскНИРО. Треки маршрутов, местоположения обследованных участков и нерестилищ, а также другие пространственные объекты заносились в ГИС в формате векторных слоев с нужными атрибутами.

Материалы воздушной и наземной фото- и видеосъемки посредством беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и смартфонов использовались как дополнительные атрибутивные характеристики векторных объектов.

В качестве источника информации также были использованы карты-схемы нерестилищ из отчетов экспедиций Амуррыбвода в 1950–1960-х гг. по обследованию

нерестовых площадей лососей [Квасова, 1955; Толчанов, 1956]. Ранее рядом авторов на основе этих экспедиционных сборов были сформированы оценки общей площади нерестилищ осенней кеты, летней кеты и горбуши в бассейне р. Амур [Леванидов, 1962; Енютина, 1972; Золотухин, 2018, 2019а; и др.]. Были отсканированы карты-схемы этих отчетов, проведена пространственная привязка полученных изображений. При геореферировании карт-схем подбирали пространственные преобразования, минимизирующие геометрические искажения относительно высокоточной картоосновы — космоснимков и крупномасштабных топографических карт. Затем провели векторизацию геореферированных карт-схем — создание векторных объектов нерестилищ с атрибутивными таблицами.

Для выбора наиболее подходящего геоинформационного ПО провели предварительный разведывательный анализ рынка программ для ГИС, чтобы выявить очевидных лидеров отрасли, соответствующих требованиям, изложенным во введении к настоящей статье. Остановили выбор на трех вариантах программных решений: 1) NextGIS Web, NextGIS QGIS и NextGIS Mobile от ООО «НекстГИС» (г. Москва); 2) CoGIS и CoGIS Mobile от ООО «Дата Ист» (г. Новосибирск); 3) Geoserver, QGIS и QField for QGIS — лидирующее геоинформационное ПО с открытым исходным кодом, разрабатываемое не одной компанией, а различными некоммерческими международными проектами.

Выполнили загрузку дистрибутивов этих программ с сайтов разработчиков. В случае коммерческого ПО использовали полнофункциональные пробные версии. Установку ПО для настольной и мобильной ГИС производили соответственно на ПК и смартфоны. Использовались устройства эконо-класса с наиболее распространенными операционными системами — Windows и Android. ПО для серверной ГИС ввиду отсутствия достаточных вычислительных ресурсов не устанавливали, а использовали ее облачный вариант — Веб-ГИС, предоставляемую по подписке. При оценке интерфейса, документации и функциональных характеристик ПО проводили консультации с будущими пользователями разрабатываемой ГИС. Анализировали качество и скорость визуализации и геообработки больших массивов векторных и растровых данных.

### **Результаты и их обсуждение**

По результатам проведенного анализа и тестирования ПО было решено использовать для дальнейших работ комплекс геоинформационных программ ООО «НекстГИС»: серверную ГИС NextGIS Web, настольную ГИС NextGIS QGIS и мобильную ГИС NextGIS Mobile, — в котором и проводились все дальнейшие работы. ПО для серверной, настольной и мобильной ГИС от этой компании основано на открытом исходном коде (лицензия GPL), входит в единый реестр российских программ для ЭВМ и при необходимости может быть установлено самостоятельно и бесплатно на собственный сервер, ПК и смартфоны. При бесплатности и открытом исходном коде самого ПО разрабатывающая его компания взимает плату за техническую поддержку по установке и настройке NextGIS Web, а также пользование облачным сервисом nextgis.com. Геоинформационное ПО от ООО «НекстГИС» успешно применялось ранее в естественно-научных исследованиях [Быстров, 2018; Емельянова и др., 2019].

Семейство геоинформационных программ CoGIS, а также ПО с открытым исходным кодом от различных международных проектов — серверная ГИС Geoserver, настольная ГИС QGIS и мобильная ГИС QField for QGIS — по результатам предварительных тестов также хорошо себя зарекомендовали и могут использоваться для инвентаризации нерестилищ. Дополнительно было проведено сравнение вышеупомянутого ПО с ArcGIS Server, ArcGIS Desktop и ArcGIS Collector — проприетарными серверными, настольными и мобильными ГИС от мирового лидера в области коммерческих ГИС-разработок — компании Esri (США). Это ПО обладает наибольшими возможностями и потому в настоящее время часто применяется российскими научными организациями, в том числе рыбохозяйственными НИИ. Однако оно характеризуется рядом серьезных



недостатков: очень высокая стоимость, закрытый исходный код, отсутствие в едином реестре российских программ.

В последние годы необходимость закупки российскими научными организациями дорогостоящего коммерческого геоинформационного ПО существенно снизилась благодаря значительному прогрессу в возможностях свободно распространяемых серверных, настольных и мобильных ГИС с открытым исходным кодом. Это свободное ПО усилиями некоммерческого сообщества программистов получило значительное развитие и мало уступает современным коммерческим программам, а порой даже превосходит их [Шокин, Потапов, 2015; Коросов, Зорина, 2016; Khan, Mohiuddin, 2018]. Поэтому на подавляющем большинстве рабочих мест научных сотрудников рыбохозяйственных НИИ можно рекомендовать применение свободных ГИС с открытым исходным кодом. Потребности в недостающих свободных ГИС-функциях можно закрывать единичными лицензиями на коммерческие пакеты. Такой подход позволит снизить расходы на геоинформационное ПО без ограничения возможностей специалистов, которым требуются функции ГИС, присутствующие на текущий момент только в наиболее продвинутых коммерческих продуктах.

**Проектирование, разработка и внедрение ГИС.** Детальное описание этапов и содержания работ по проектированию, разработке, внедрению и сопровождению ГИС для инвентаризации нерестилищ отражено на рис. 1.

Приведенная схема дает общее представление о многостадийности, разнообразии и комплексности работ по созданию данной ГИС. При этом подобный план работ отнюдь не сложен, его можно реализовать силами системного администратора регионального рыбохозяйственного НИИ и специалиста, имеющего средний уровень подготовки по ГИС.

**Структура, наполнение и функциональные взаимосвязи элементов ГИС.** Экспедиционные и вспомогательные материалы в созданной ГИС организованы по реляционной модели данных. Иерархия включенных в ГИС материалов обследований построена в следующей последовательности: вид рыбы, экспедиция, станция, нерестилище, первый атрибут (характеристика) нерестилища, второй, третий и т.д. Среди атрибутов нерестилищ присутствуют: площадь, количество нерестовых бугров, производителей и сненки, особенности грунта, гидрохимические показатели и т.д. Разработанная ГИС для инвентаризации нерестилищ лососей основана на трех главных составляющих — серверной, настольной и мобильной. Схематическое представление их состава и взаимодействия друг с другом приведено на рис. 2.

Следует заострить внимание на том, что изложенная на схеме функциональная структура ГИС активно использует обмен данными через интернет для обеспечения максимальной эффективности работ. Мобильная ГИС при наличии качественного сотового покрытия в обследуемой области способна в реальном времени передавать в серверную компоненту собираемые операторами геометрические и атрибутивные характеристики нерестилищ, а также другую сопроводительную информацию. Серверная ГИС по интернет- и интранет-каналам отправляет собранные данные в настольные ГИС и веб-браузеры, выполняя тем самым функцию Веб-ГИС.

При наличии качественного сотового покрытия все правки экспедиционной группы быстро становятся доступны для просмотра, редактирования и анализа в веб-браузере любого устройства, подключенного и авторизованного через интернет, а также в настольной ГИС. Такая оперативность значительно расширяет возможности мониторинга и контроля работы экспедиционных групп, сбора информации о заполнении нерестилищ, принятия управленческих решений по регулированию промысла тихоокеанских лососей. При отсутствии сотового покрытия в области работ отправка новых данных из мобильной ГИС в серверную невозможна по очевидным причинам, однако создаваемые сведения накапливаются и будут отправлены на сервер при вхождении сборщика в зону присутствия качественного сотового покрытия (как минимум 2G, желательно 3G или 4G). К сожалению, в условиях слабого сотового покрытия, ха-

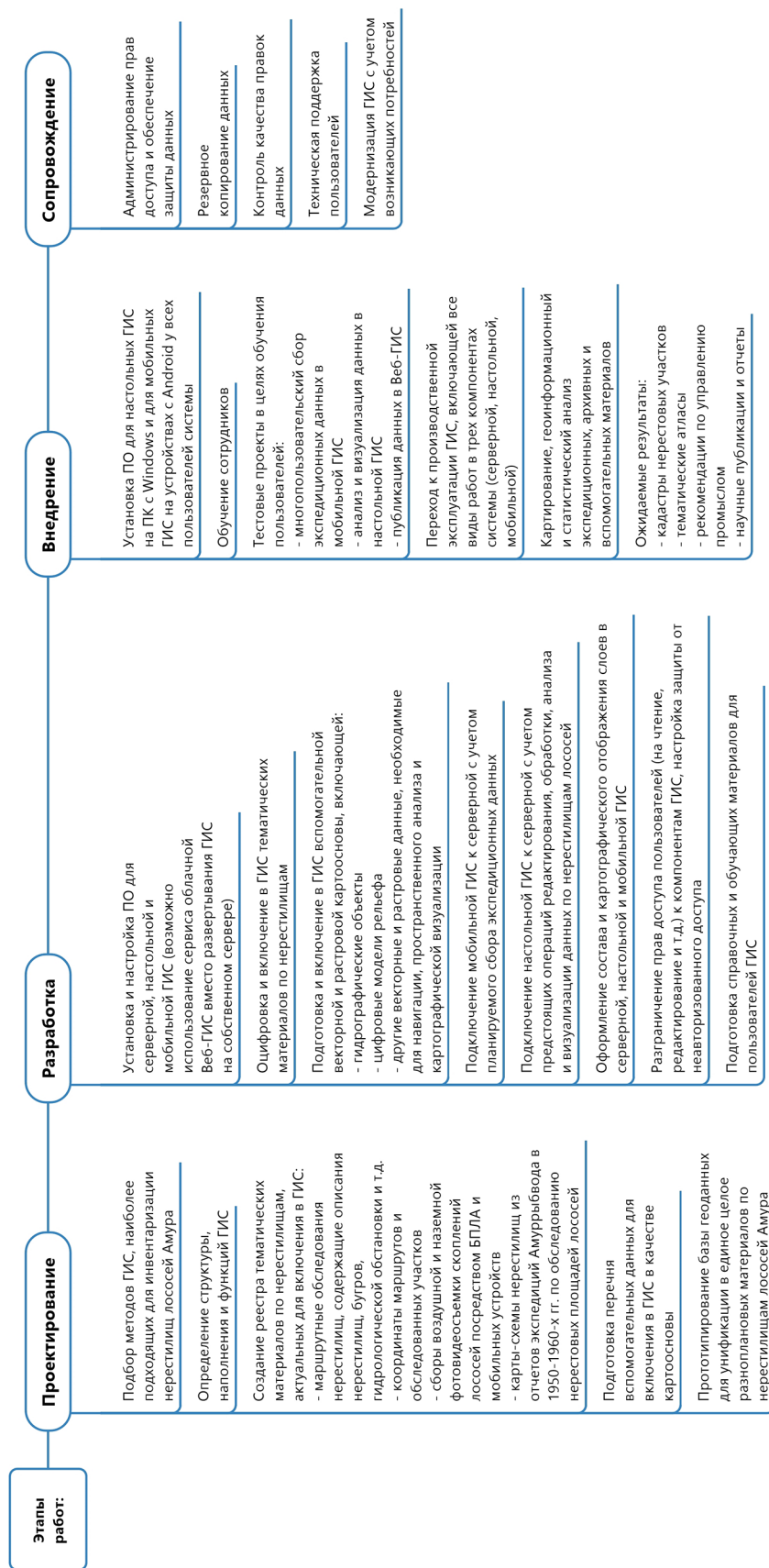


Рис. 1. Этапы и содержание работ по проектированию, разработке, внедрению и сопровождению ГИС для инвентаризации нерестилищ лососей Амура  
Fig. 1. Stages of planning, development, implementation, and maintenance of GIS for inventory of pacific salmon spawning grounds in the Amur basin

рактерного для большинства районов работ по нерестилищам лососей, оперативность отправки данных на сервер при использовании сети GSM будет невысокой.

Для ясности дальнейшего изложения упомянем базовые положения из области ГИС. Этот вид информационных систем основан на представлении каждого набора (типа) данных в виде отдельного слоя. Многослойный характер ГИС является ключевым отправным моментом в представлении, анализе и визуализации включенных в нее геоданных. Слои, в зависимости от характера содержащихся в них пространственных объектов, могут быть представлены точечной, линейной или полигональной геометрией. Например, нерестилища в ГИС логичнее представлять полигональными объектами, маршруты экспедиции — линейными, а местоположения определенных объектов (выходы ключевых вод, точки гидрохимических измерений, препятствия для миграции производителей и т.д.) — точечными.

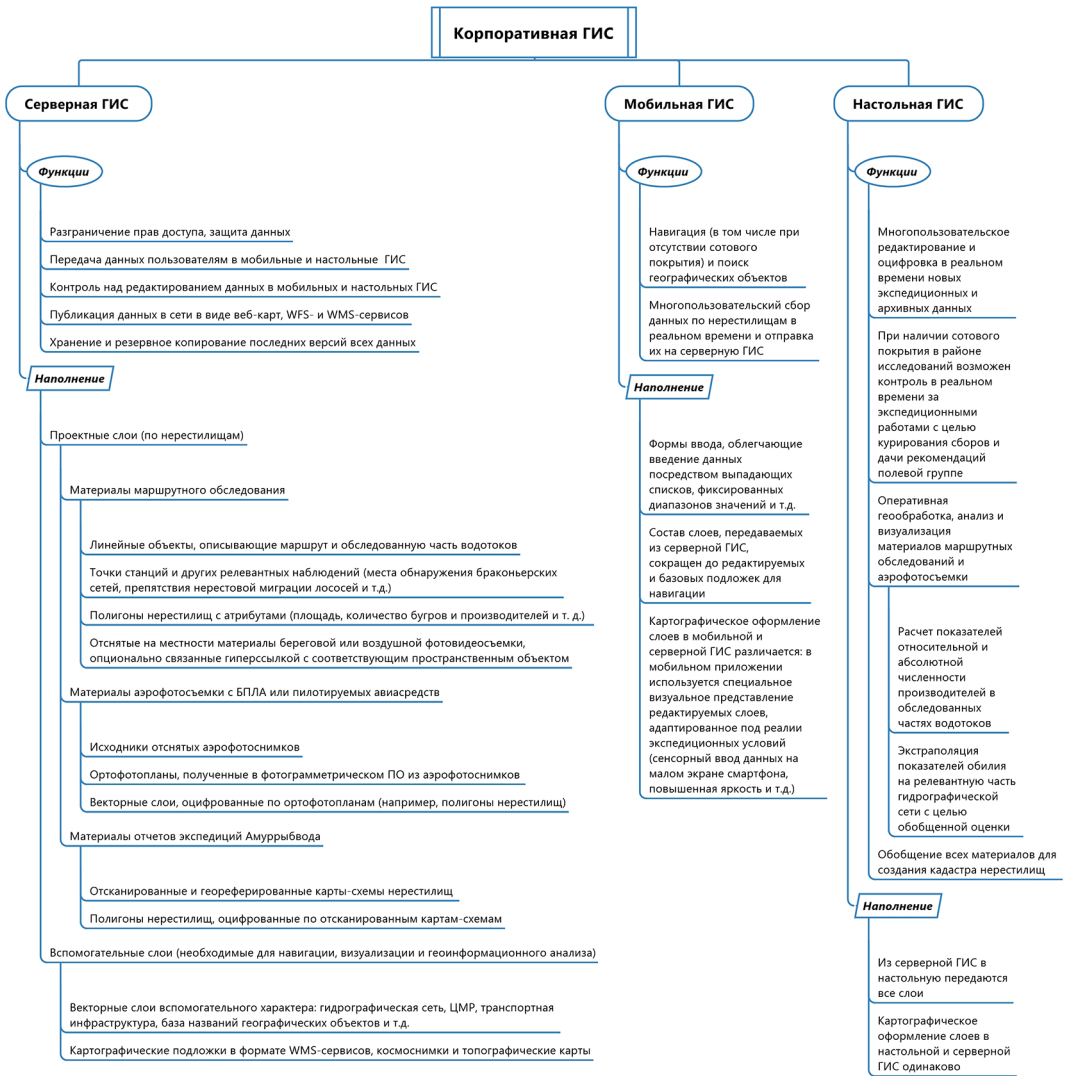


Рис. 2. Функциональная структура и информационное наполнение ГИС  
Fig. 2. Functional structure and information content of GIS

Помимо геометрических характеристик (метрики) слой содержит атрибутивные значения (семантику). Метрические и атрибутивные характеристики каждого слоя хранятся в табличном формате внутри базы геоданных, подключенной к ГИС. Одна

строка (запись) в каждой таблице соответствует конкретному экземпляру объекта, например определенному нерестилищу.

Современные ГИС, включая применяемое нами ПО, в качестве картографической основы могут использовать разнообразные векторные и растровые слои с любой пространственной детализацией, системой координат (включая WGS84) и семантикой. Для улучшенного картографического представления слоев ГИС следует применять масштабно-зависимую отрисовку и стили векторных объектов, адаптированные под конкретные условия эксплуатации геоинформационного ПО (навигация в поле, веб-картография, редактирование данных и т.д.), что было учтено нами при разработке системы для инвентаризации нерестилищ.

Возможности современных ГИС позволяют присоединять к записи, соответствующей определенному объекту, гиперссылки на графические, мультимедийные или текстовые документы. Например, к полигональному объекту конкретного нерестилища может быть присоединена гиперссылка на его фото или видео с БПЛА, файл Word или Excel. Использование гиперссылок дает возможность более детально и всесторонне представлять информацию по определенному объекту, снабжать пользователя ГИС разноплановой информацией о характеристиках нерестилищ и окружающей местности.

Именно такой подход был реализован нами в созданной ГИС. На рис. 3 показан внешний вид графического интерфейса пользователя веб-карты, созданной посредством NextGIS Web и доступной по ссылке в любом веб-браузере. При щелчке на объект открывается таблица его атрибутов, включающая превью фото, отснятых на местности оператором мобильной ГИС. Следует, однако, понимать, что фото и тем более видео-файлы занимают много места и их отправка из мобильной ГИС в серверную в условиях слабого сотового покрытия будет малореальной до возврата оператора в населенный пункт с высокоскоростной связью.

В целях более наглядного описания характеристик разработанной ГИС для инвентаризации нерестилищ лососей приведем скриншоты (снимки экрана), отображающие интерфейс трех главных составляющих — серверной, настольной и мобильной (рис. 4).

Настольная и мобильная составляющие ГИС, а также веб-карты характеризуются дружелюбным, интуитивно понятным интерфейсом, эти приложения просты

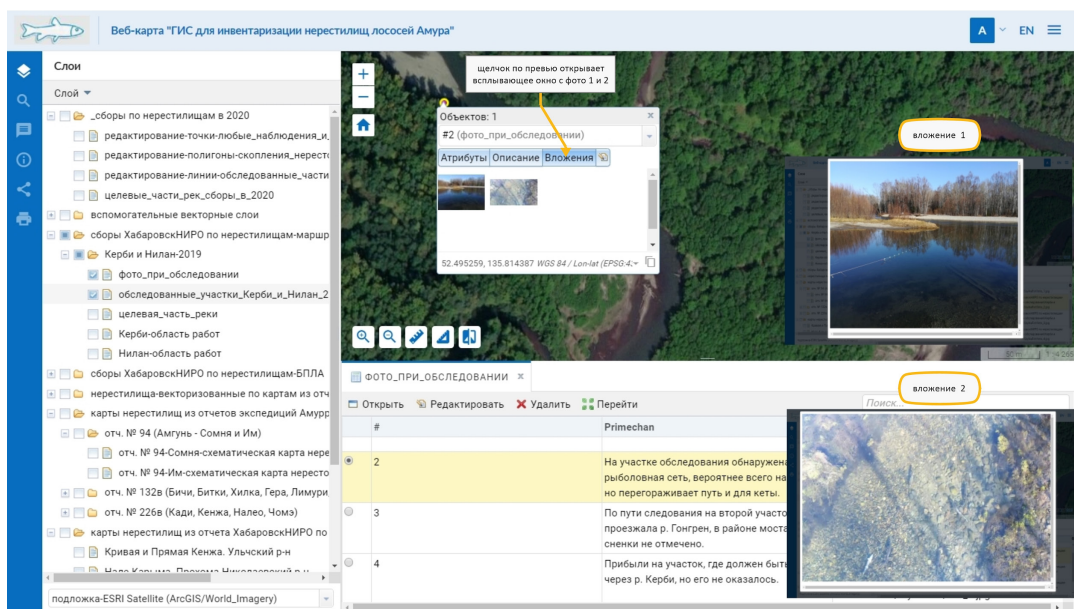


Рис. 3. Включенные в атрибутивную таблицу гиперссылки на фото, видео и текстовые файлы, характеризующие определенный объект в ГИС

Fig. 3. Hyperlinks to photos, videos and text files in attribute table describing certain object in GIS



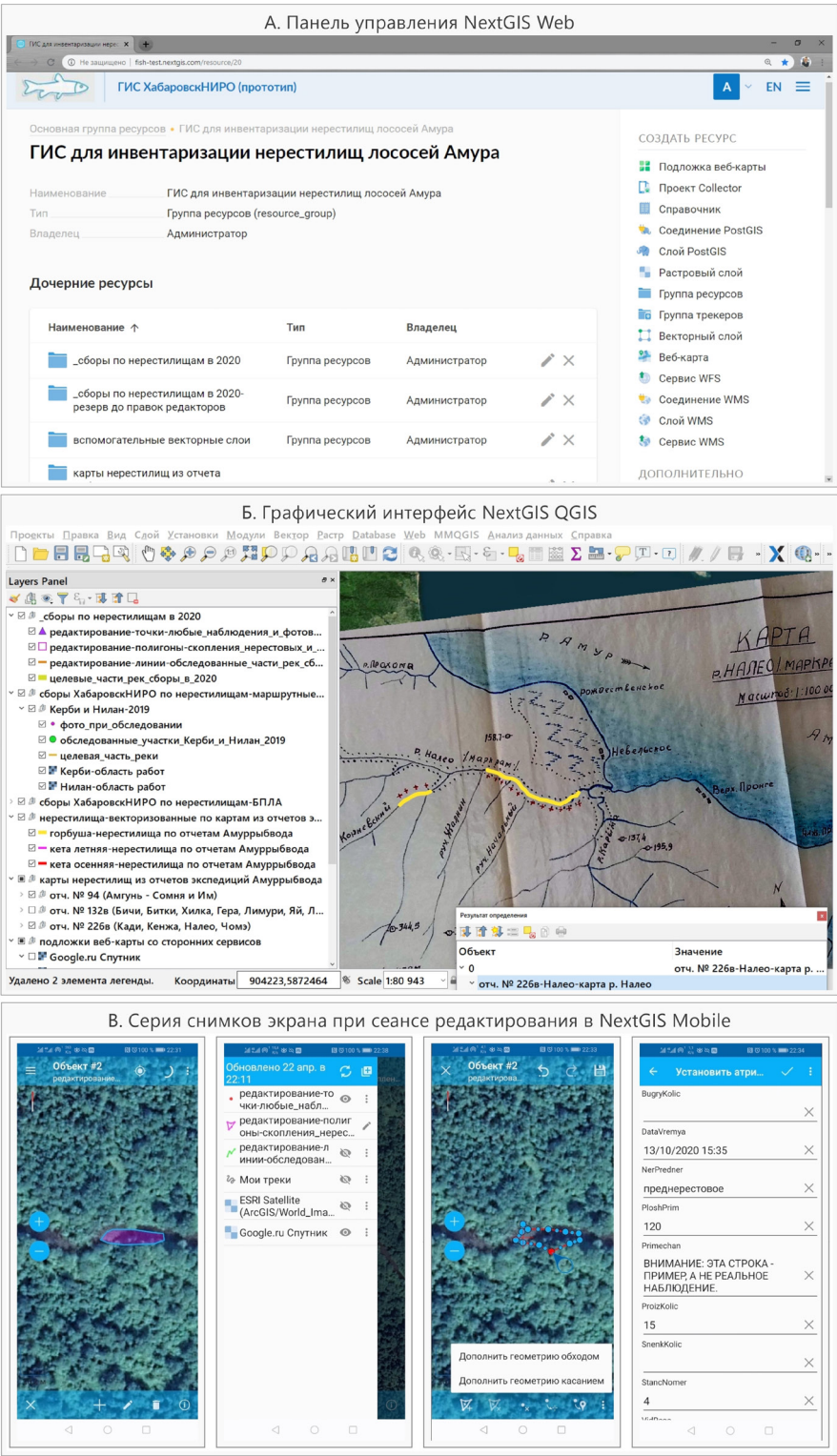


Рис. 4. Внешний вид графического интерфейса пользователя трех главных составляющих разработанной ГИС: серверной (А), настольной (Б) и мобильной (В). Интерфейс веб-карты, также являющейся важной составляющей, приведен на рис. 3

Fig. 4. Graphical user interface for three major components of the developed GIS: server (А), desktop (Б) and mobile (В). Another important component, as the interface of web map is shown at Fig. 3

в освоении и использовании, не требуют от пользователей специальной технической подготовки. Мобильное приложение и веб-карты особенно наглядны и просты в использовании, так как изначально разрабатывались для широкого круга пользователей, не имеющих специальной подготовки в ГИС. С серверной составляющей (NextGIS Web) ситуация иная: для установки на собственном сервере, настройки и эксплуатации этого ПО потребуется значительная техническая квалификация, в том числе в области ГИС, СУБД и операционных систем. Однако для решения этих задач достаточно одного подготовленного специалиста, администрирующего всю систему. К тому же установке NextGIS Web на собственный сервер можно предпочесть использование уже настроенного и готового к работе облачного сервиса nextgis.com, предоставляемого разработчиком на коммерческой основе.

**Иерархия прав доступа к данным и защита служебной информации.** Материалы информационных фондов отечественных НИИ являются служебными и закрыты от общего доступа. Соответственно, особое внимание при создании ГИС и баз данных должно быть уделено защите информации от неавторизованного использования. Также актуально выстраивание иерархии прав доступа среди пользователей ГИС, разделение их на три основные группы: администраторы системы, редакторы, просмотрщики. Использованное нами семейство продуктов для ГИС обладает гибким и тонко настраиваемым инструментарием для назначения прав доступа и защиты данных от неавторизованного использования (см. таблицу). Права можно назначать как для всей ГИС, так и для отдельных ее компонент (слоев, веб-карт и т.д.). Авторизация происходит посредством ввода логина и пароля в диалоговом окне серверной, мобильной или настольной ГИС.

Схема разграничения прав доступа для различных групп пользователей и используемое ПО  
Access permissions scheme for different user groups and utilized software

Группа пользователей	Вид прав и ПО, применяемое для их реализации					
	Создание	Чтение	Изменение	Удаление	Публикация веб-карт	Назначение прав
Администраторы	NextGIS Web	NextGIS Web, NextGIS Mobile, NextGIS QGIS, веб-браузер	NextGIS Web, NextGIS Mobile, NextGIS QGIS, веб-браузер	NextGIS Web	NextGIS Web	NextGIS Web
Редакторы	—	NextGIS Mobile, NextGIS QGIS, веб-браузер	NextGIS Mobile, NextGIS QGIS, веб-браузер	—	—	—
Просмотрщики	—	NextGIS Mobile, NextGIS QGIS, веб-браузер	—	—	—	—

Для большей наглядности дополним описание разграничения прав доступа схемой информационного обмена между составляющими ГИС и ее пользователями (рис. 5). Для лучшей визуализации, чтобы не перегружать схему, не отображали на ней связь с веб-картами. Заметим, что создание, удаление и публикация веб-карт доступны лишь пользователям с административными правами. Просмотр веб-карт разрешен всем группам пользователей, а редактирование метрики и семантики отображенных на них слоев — администраторам и редакторам.

Назначение слоев на схеме информационных потоков между компонентами ГИС (рис. 5) можно отнести к следующим категориям:

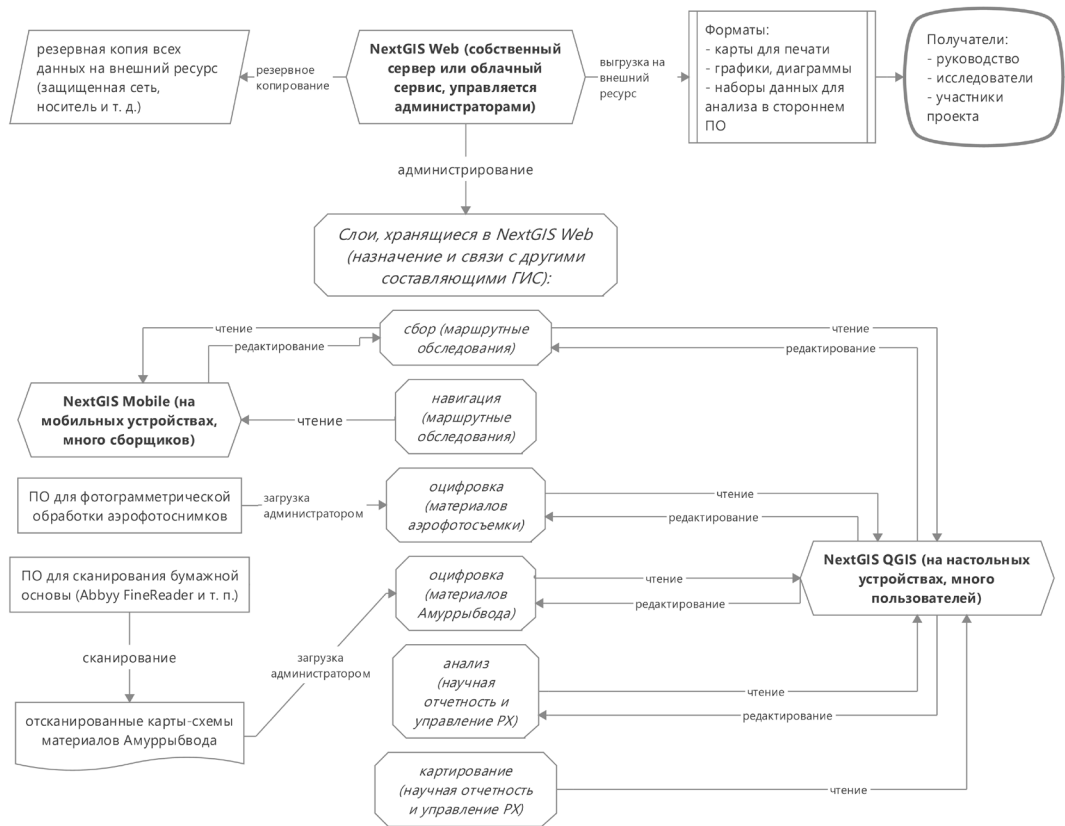


Рис. 5. Схема информационного обмена между составляющими ГИС  
Fig. 5. Scheme of data flows between GIS components

- 1) редактирование (сбор экспедиционных данных, оцифровка отсканированных бумажных носителей и материалов аэрофотосъемки);
- 2) навигация на местности посредством мобильной ГИС (база географических объектов, изолинии рельефа, космоснимки сверхвысокого разрешения, растровые топографические карты и т.д.);
- 3) картирование (вспомогательные слои для улучшенной визуализации в Веб-ГИС, настольной ГИС и на печатных картах);
- 4) анализ (дополнительные слои, создаваемые в настольной ГИС посредством геоинформационного анализа на основе экспедиционных, оцифрованных и других тематических данных).

Если требования к приватности служебных данных особенно высоки, то серверная ГИС может быть развернута на собственном физическом сервере и эксплуатироваться в рамках внутренней сети предприятия. В противном случае можно пользоваться защищенным облачным сервисом от отечественных компаний, позволяющим создать серверную ГИС на внешнем сервере в формате Веб-ГИС. Использование Веб-ГИС, развернутой с помощью облачного сервиса, позволяет решить ряд организационных, кадровых и технических проблем за счет значительного упрощения процесса создания корпоративной ГИС при одновременном обеспечении защиты данных от неавторизованного доступа.

Веб-ГИС становятся все более популярными благодаря возможности выполнять подавляющее большинство операций посредством обычного веб-браузера. Это существенно расширяет возможности доступа к Веб-ГИС, опубликованным в интернете в виде веб-карт, ведь браузеры в настоящее время установлены практически на всех ПК

и мобильных устройствах. Простота использования веб-браузера значительно упрощает и ускоряет внедрение ГИС в организациях. Веб-ГИС предоставляют возможность максимально оперативного и качественного донесения разнообразной пространственной информации до участников рабочего процесса в интернете или интранете. В зависимости от поставленных задач такие веб-карты могут быть открыты только авторизованным пользователям или доступны всем перешедшим по предоставленной ссылке.

**Обработка в ГИС данных аэрофотосъемки лососей в период нерестовой миграции.** Кратко остановимся на возможностях использования разработанной ГИС для обработки материалов аэрофотосъемки в целях инвентаризации нерестилищ. Аэрофотосъемка посредством беспилотных и пилотируемых летательных аппаратов предоставляет ценные сведения об особенностях нерестовых миграций лососей в водоемах. Схема обработки материалов аэрофотосъемки скоплений лососей, интегрированная в разработанную нами ГИС, представлена на рис. 6.



Рис. 6. Этапы обработки в ГИС данных аэрофотосъемки лососей в период нерестовой миграции

Fig. 6. Stages of GIS processing of aerial survey data on spawning migration of Pacific salmon

Значимость подобного направления работ все больше усиливается в последние годы в связи с появлением бюджетных БПЛА, вполне пригодных для локальных исследований, а также ПО для полностью автоматизированной фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъемки с привлечением технологий компьютерного зрения. Программно-аппаратные комплексы для аэрофотосъемки, которые еще десятилетие назад имели очень высокую стоимость и пользоваться которыми могли лишь узкие специалисты, стали финансово и квалификационно доступными представителям рыбохозяйственной науки [Groves et al., 2016; Запорожец, Запорожец, 2017; Фадеев и др., 2019].

Проведение полноценной профессиональной аэрофотосъемки актуально и при аэровизуальных обследованиях преднерестовых и нерестовых скоплений лососей, традиционно проводимых с помощью пилотируемых авиасредств. Дополнение аэровизуальных обследований одновременной аэрофотосъемкой позволит снизить субъективность и обеспечить верифицируемость количественных оценок наблюдателей, уменьшить кадровую зависимость от наличия опытных исполнителей на сезон работ, заложить информационную основу для детального пространственного анализа распределения лососей в водоемах.

Даже обследования посредством моделей БПЛА, относящихся к любительскому сегменту и, соответственно, характеризующихся малым площадным покрытием сеанса съемки, можно использовать как разведочные, вспомогательные. Такие БПЛА можно применять для ежегодных точечных работ на заранее отобранных модельных участках нерестовых площадей, наиболее подходящих для обследования (максимальная ширина свободного от крон деревьев пространства, высокая прозрачность, малая глубина и т.д.). Средние значения относительного обилия производителей на таких контрольных участках, полученные посредством БПЛА-аэрофотосъемки и одновременных маршрутных обследований, можно экстраполировать на соответствующую часть нерестовых водотоков для расчета абсолютных оценок численности [Золотухин, 2019б].



**Привлечение сторонних участников для развития ГИС.** В мировой практике ГИС отлично зарекомендовали себя не только как исследовательский, но еще и как управленческий и природоохранный инструмент [Eder, Neely, 2013; Коломейко, Васильев, 2018]. Соответственно, разработанная ГИС для инвентаризации нерестилищ может быть использована в качестве платформы для межведомственной кооперации с подключением к разработанному программному комплексу управляющих и природоохранных структур, рыбопромысловых предприятий, НИИ и т.д. Наличие Веб-ГИС в составе разработанного программного комплекса, доступной через веб-браузер с любого устройства, упрощает представление результатов организациям, заинтересованным в подобном сотрудничестве, и не требует от удаленных пользователей специальных технических навыков и оборудования.

Разработанная ГИС дает возможность привлекать волонтеров, желающих помочь в сборе сведений о нерестилищах, подходах производителей и фактах браконьерства. Очень большая протяженность лососевых нерестилищ Амура создает значительные трудности в их охвате маршрутными и аэровизуальными обследованиями. Привлечение волонтеров из числа местных жителей и активистов может стать хорошим подспорьем в сборе информации по нерестилищам в удаленных и труднодоступных районах.

В зависимости от квалификационных навыков волонтеров возможно использование ими мобильных ГИС для сбора данных и применение упрощенных способов фиксации сведений о нерестилищах лососей. К числу последних можно отнести съемку и отправку на предоставленный адрес электронной почты геореферированных фото и видео с интересующими объектами, т.е. скоплениями лососей, фактами браконьерства и т.д. При вовлечении в проект сторонних участников повышается важность разграничения прав доступа к данным и обеспечения конфиденциальности информационных ресурсов. Это обусловлено характером материалов проекта, содержащих сведения о расположении нерестилищ, которые при неправильном применении могут усилить браконьерство.

### **Заключение**

В представленной работе обоснован комплекс методов ГИС, наиболее действенных для инвентаризации нерестилищ лососей Амура. Разработанный нами подход по применению геоинформационных технологий в целях инвентаризации нерестилищ лососей Амура является системой технических средств, ПО, расчетных алгоритмов и организационных процедур, объединенных в единое функциональное целое. Предложенная к внедрению ГИС позволит оптимизировать планирование, обработку, анализ и представление результатов работ по нерестилищам за счет их ускорения, упрощения и повышения качества.

Дополнительным преимуществом внедрения ГИС в рыбохозяйственном НИИ является обеспечение сохранности материалов за счет оцифровки всего массива данных, его стандартизации и унификации в сводной базе данных. Это позволяет устранить риски утраты материалов, зачастую хранящихся в разнородных форматах в единичном экземпляре на разных ПК, а порой лишь на бумажном носителе.

Предложенная совокупность методов ГИС для инвентаризации нерестилищ не является завершенной, она может дополняться введением новых аппаратных, программных и организационных элементов, например включением в схему работ систем видеорегистрации лососей, гидроакустических комплексов и т.д. Разработанный программный комплекс можно использовать в качестве прототипа и трансформировать в специализированные ГИС, адаптированные под другие рыбохозяйственные задачи, районы исследований и виды гидробионтов.

### **Благодарности**

Авторы выражают благодарность сотрудникам ХабаровскНИРО Е.В. Подорожнюк, к.б.н. С.Е. Кульбачному и О.А. Кудревскому за любезно предоставленные материалы маршрутных обследований нерестилищ и аэрофотосъемки посредством БПЛА.

Авторы признательны д.б.н. Н.В. Колпакову за ценные замечания и рекомендации, способствовавшие улучшению работы.

### Финансирование работы

Исследование не имело спонсорской поддержки.

### Соблюдение этических стандартов

Все приемлемые национальные, институциональные и международные этические принципы соблюдены. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

### Список литературы

**Атлас количественного распределения нектона в Охотском море** / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — М. : Нац. рыб. ресурсы, 2003. — 1040 с.

**Берг Л.С.** Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Ч. 1 : моногр. — 3-е изд. — Л. : АН СССР, 1932. — 540 с.

**Быстров А.Ю.** Разработка архитектуры геоинформационной системы мониторинга водохранилищ рек и водохранилищ // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. — 2018. — Т. 62, № 1. — С. 114–119. DOI: 10.30533/0536-101X-2018-62-1-114-119.

**Волвенко И.В.** ГИС для анализа сезонной и межгодовой пространственно-временной динамики нектона Охотского моря // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 137. — С. 144–176.

**Волвенко И.В.** Информационное обеспечение комплексных исследований водных биоресурсов северо-западной Пацифики. Часть 3. ГИС, атласы, справочники, новые перспективы // Тр. ВНИРО. — 2015. — Т. 157. — С. 100–126.

**Волвенко И.В.** Лаборатория регионального центра данных (РЦД) ФГУП «ТИНРО-центр»: ее роль в прогнозировании состояния сырьевой базы отечественного рыболовства и основные направления деятельности // Изв. ТИНРО. — 2014. — Т. 176. — С. 3–15.

**Волвенко И.В.** Новая ГИС интегральных характеристик макрофауны пелагиали северо-западной Пацифики // Изв. ТИНРО. — 2007. — Т. 149. — С. 3–20.

**Емельянова Л.Г., Немчинова А.В., Хорошев А.В. и др.** Задачи и ландшафтно-биогеографические предпосылки создания природного парка «Устьянский» (средняя тайга Архангельской области). Часть 1. Природные условия и обоснование создания природного парка // Экосистемы: экология и динамика. — 2019. — Т. 3, № 2. — С. 155–207.

**Енютина Р.И.** Амурская горбуша (промыслово-биологический очерк) // Изв. ТИНРО. — 1972. — Т. 77. — С. 3–126.

**Запорожец О.М., Запорожец Г.В.** Использование фото- и видеофиксации для оценки количества производителей тихоокеанских лососей на нерестилищах и путях их миграций: некоторые методические подходы // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2017. — Т. 47. — С. 77–90. DOI: 10.15853/2072-8212.2017.47.77-90/

**Золотухин С.Ф.** Внутривидовые группировки кеты *Oncorhynchus keta* (Salmonidae) реки Амур и их распределение по бассейну // Изв. ТИНРО. — 2019а. — Т. 197. — С. 21–34. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-197-21-34.

**Золотухин С.Ф.** Кета реки Уссури : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2007. — 210 с.

**Золотухин С.Ф.** Методические указания по учёту тихоокеанских лососей на нерестилищах. — Хабаровск : ХфТИНРО, 2009. — 9 с.

**Золотухин С.Ф.** Методы оценки запаса кеты и горбуши в бассейне Амура // Бюл. № 13 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2018. — С. 134–139.

**Золотухин С.Ф.** Нерестовый фонд и современный статус популяций лососей в Приморском крае : дис. ... канд. биол. наук. — Хабаровск : ХоТИНРО, 2003. — 259 с.

**Золотухин С.Ф.** Обоснование выбора рек для мониторинга запасов кеты и горбуши р. Амур // Изв. ТИНРО. — 2019б. — Т. 199. — С. 19–34. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-199-19-34.

**Золотухин С.Ф., Виноградов В.В., Балускин В.А. и др.** Инвентаризация лососевых рек, состояние запасов, уловы, биология и распределение тихоокеанских лососей на материковом побережье Охотского моря и Татарского пролива в пределах Хабаровского края в 2002–2006 гг. : отчет о НИР / ХабаровскНИРО. Инв. № 1610. — Хабаровск, 2007. — 304 с.

**Золотухин С.Ф., Ходжер Л.Ч.** Расчеты площади нерестового фонда лососей основных рек юга Амурского лимана // Изв. ТИНРО. — 2007. — Т. 148. — С. 130–142.

**Квасова В.Г.** Отчет экспедиции за 1955 год по обследованию рек Бичи, Битки, Хилка, Гера, Лимури, Яй, Лянговая, оз. Удыль и Кизи / ХабаровскНИРО. № 132в. — Хабаровск, 1955. — 113 с.

**Коломейко Ф.В., Васильев А.Г.** Программно-информационное обеспечение исследований водных биоресурсов в Атлантике // Тр. ВНИРО. — 2018. — Т. 174. — С. 81–90.

**Коросов А.В., Зорина А.А.** Экологические приложения Quantum GIS : моногр. — Петрозаводск : ПетрГУ, 2016. — 211 с.

**Леванидов В.Я.** Запасы амурских лососей и гидростроительство // Изв. ТИНРО. — 1962. — Т. 48. — С. 133–140.

**Лошкарёва А.А.** Геоинформационная система: теория, общая информация, руководство пользователя электронным атласом и базой данных «Сохранение биоразнообразия лососевых рыб Камчатки и их устойчивое использование». — М. : ВНИРО, 2009. — 100 с.

**Правдин И.Ф.** Руководство по изучению рыб. — Л. : ЛГУ, 1939. — 245 с.

**Семенченко А.Ю.** ГИС-система «Лососи Приморья». Состояние стад, инвентаризация популяционных группировок // Визуализация в исследованиях биоресурсов Мирового океана : мат-лы отрасл. семин. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2003. — С. 69–77.

**Толчанов В.С.** Отчет экспедиции Амуррыбвода за 1956 год по обследованию рек Кади, Прямая и Кривая Кенжа, Налео и Чомэ / ХабаровскНИРО. № 226в. — Хабаровск, 1956. — 132 с.

**Фадеев Е.С., Шевляков Е.А., Фельдман М.Г.** Комплексный мониторинг пропуска производителей тихоокеанских лососей р. Камчатка в режиме реального времени // Изв. ТИНРО. — 2019. — Т. 197. — С. 3–20. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-197-3-20.

**Черфас Б.И.** Рыбоводство в естественных водоемах : моногр. — М. : Пищепромиздат, 1940. — 393 с.

**Шокин Ю.И., Потапов В.П.** ГИС сегодня: состояние, перспективы, решения // Вычислительные технологии. — 2015. — Т. 20, № 5. — С. 175–213.

**Шунтов В.П.** Опыт создания новой базы данных биологических ресурсов дальневосточных морей // Вопр. рыб-ва. — 2005. — Т. 6, № 2–22. — С. 172–190.

**Шунтов В.П., Волвенко И.В.** Атласы количественного распределения nekтона в дальневосточных морях // Дальневосточный регион — рыбное хозяйство. — 2005. — № 3. — С. 19–42.

**Шунтов В.П., Волвенко И.В.** Генерализованные оценки состава, количественного распределения и биомассы макрофауны бентали на шельфе и свале глубин северо-западной Пацифики // Изв. ТИНРО. — 2015. — Т. 182. — С. 3–22.

**Экосистемы бассейна реки Бикин: среда, человек, управление** / под ред. Золотухина С.Ф. — Владивосток : ДВО РАН, 1997. — 176 с.

**Brown R.J., von Finster A., Henszey R.J., Eiler J.H.** Catalog of chinook salmon spawning areas in Yukon River basin in Canada and United States // J. Fish Wildl. Manag. — 2017. — Vol. 8, № 2. — P. 558–586. DOI: 10.3996/052017-JFWM-045.

**Eder B.L., Neely B.C.** Use of Geographic Information Systems by fisheries management agencies // Fisheries. — 2013. — Vol. 38, № 11. — P. 491–496.

**Groves P.A., Alcorn B., Wiest M.M. et al.** Testing unmanned aircraft systems for salmon spawning surveys // Facets. — 2016. — Vol. 1. — P. 187–204. DOI: 10.1139/facets-2016-0019.

**Khan S., Mohiuddin K.** Evaluating the parameters of ArcGIS and QGIS for GIS Applications // IJARSE. — 2018. — Vol. 7, № 3. — P. 582–594.

**Meaden G.J., Aguilar-Manjarrez J.** Advances in geographic information systems and remote sensing for fisheries and aquaculture : FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper № 552. — Rome : FAO, 2013. — 425 p.

**Ronne L., Vanbuskirk N., Holt C., Zimmerman M.** Spawner abundance and distribution of salmon and steelhead in the upper Chehalis River, 2017–2018, FPT 18–09. — Olympia, Washington : Washington Department of Fish and Wildlife, 2018. — 49 p.

**Woll C., Albert D., Whited D.** A preliminary classification and mapping of salmon ecological systems in the Nushagak and Kvichak watersheds. — Alaska : Nature Conservancy, 2017. — 105 p.

## References

*Atlas kolichestvennogo raspredeleniya nektona v Okhotskom more* (Atlas of Quantitative Distribution of Nekton Species in the Okhotsk Sea), Shuntov, V.P. and Bocharov, L.N., Eds., Moscow: Natsionalnye Rybnye Resursy, 2003.

**Berg, L.S.,** *Ryby presnykh vod SSSR i sopredel'nykh stran* (Fish of Freshwaters of the USSR and Adjacent Countries), Leningrad: Akad. Nauk SSSR, 1932, 3rd ed., part 1.

**Bystrov, A.Yu.**, Development of the architecture of the geoinformation monitoring system of water protection areas of rivers and reservoirs, *Izv. vuzov. Geodesy and aerial photography*, 2018, vol. 62, no. 1, pp. 114–119. doi 10.30533/0536-101X-2018-62-1-114-119

**Volvenko, I.V.**, GIS for spatial-temporal dynamics analysis of the Okhotsk Sea nekton, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 137, pp. 144–176.

**Volvenko, I.V.**, Dataware support of comprehensive studies of Northwestern Pacific aquatic biological resources. Part 3. GIS, atlases, reference books, further prospects of the concept, *Tr. Vseross. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2015, vol. 157, pp. 100–126.

**Volvenko, I.V.**, Regional Data Center (RDC) of FSUE “TINRO-centre”: its role in prediction of resource state for national fisheries and principal directions of activities, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2014, vol. 176, pp. 3–15.

**Volvenko, I.V.**, New GIS of the pelagic macrofauna integrative characteristics for the North-West Pacific, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2007, vol. 149, pp. 3–20.

**Emelyanova, L.G., Nemchinova, A.V., Khoroshev, A.V., Zaytsev, V.A., Kulyasova, A.A., Emelyanov, A.A., and Oboturov, A.S.**, The Ustyansky nature park (Arkhangelsk Oblast, middle taiga). Part 1. Natural conditions and justification for the organization of nature park, *Ecosystems: ecology and dynamics*, 2019, vol. 3, no. 2, pp. 155–207.

**Yeniutina, R.I.**, The Amur Humpback Salmon, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1972, vol. 77, pp. 3–126.

**Zaporozhets, O.M. and Zaporozhets, G.V.**, Using the photo- and video records for assessment of pacific salmon escapement on migration routes and spawning grounds: some of methodical approaches, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2017, vol. 47, pp. 77–90. doi 10.15853/2072-8212.2017.47.77-90

**Zolotukhin, S.F.**, Intraspecies groups of the chum salmon *Oncorhynchus keta* (Salmonidae) of the Amur River and their distribution within the basin, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2019, vol. 45, no. 7, pp. 536–545. doi 10.1134/S1063074019070071

**Zolotukhin, S.F.**, Basis for selection of rivers for monitoring on the stocks of chum and pink salmon in the Amur River *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2019, vol. 199, pp. 19–34. doi 10.26428/1606-9919-2019-199-19-34

**Zolotukhin, S.F.**, *Keta reki Ussuri* (Chum Salmon of the Ussuri River), Vladivostok: TINRO-tsentr, 2007.

**Zolotukhin, S.F.**, *Metodicheskiye ukazaniya po uchotu tikhookeanskikh lososey na nerestilishchakh* (Methodological guidelines for the registration of Pacific salmon in spawning grounds), Khabarovsk: KhfTINRO, 2009.

**Zolotukhin, S.F.**, Methods of assessment of the chum and pink salmon stock in the Amur River basin, in *Byulleten' N 13 izucheniya Tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bulletin No. 13 for the Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-tsentr, 2018, pp. 134–139.

**Zolotukhin, S.F.**, Spawning fund and the current status of salmon populations in Primorsky Krai, *Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Khabarovsk: KhoTINRO, 2003.

**Zolotukhin, S.F., Vinogradov, V.V., Balushkin, V.A., Kaplanova, N.F., Shishaev, A.V., Yakimenko, L.I., Mironova, T.N., Kanzeparova, A.N., Kozlova, T.V., Bogdanov, E.S., Khodzher, L.Ch., and Kul'bachnyi, S.E.**, *Otchet Nauchno-Issled. Rab. "Inventarizatsiya lososevykh rek, sosvoyaniye zapasov, ulovy, biologiya i raspredeleniye tikhookeanskikh lososei na materikovom poberezhye Okhotskogo morya i Tatarskogo proliva v predelakh Khabarovskogo kraya v 2002–2006 gg."* (Res. Rep. “Inventory of salmon rivers, status of the stock, catches, biology, and distribution of Pacific salmon on the mainland coast of the Sea of Okhotsk and the Tatar Strait within Khabarovsk Krai in 2002–2006”), Available from KhabarovskNIRO, 2007, Khabarovsk, no. 1610.

**Zolotukhin, S.F. and Khodzher, L.Ch.**, Calculation of the spawning area for Pacific salmon in the main rivers of the southwestern part of the Amur estuary, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2007, vol. 148, pp. 130–142.

**Kvasova, V.G.**, *Otchet ekspeditsii za 1955 god po obsledovaniyu rek Bichi, Bitki, Khilka, Gera, Limuri, Yai, Lyangrovaya, oz. Udyly i Kizi* (Report on the Expedition 1955 for Surveying the Rivers of Bichi, Bitki, Khilka, Gera, Limuri, Yai, Lyangrovaya, and lakes Udyly and Kizi), Available from KhabarovskNIRO, 1955, Khabarovsk, no. 132v.

**Kolomeyko, F.V. and Vasilyev, A.G.**, Program-information support of water biological resources research in the Atlantic Ocean, *Tr. Vseross. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 174, pp. 81–90.

**Korosov, A.V. and Zorina, A.A.**, *Ekologicheskkiye prilozheniya Quantum GIS* (Environmental Applications Quantum GIS), Petrozavodsk: Petrozavodsk. Gos. Univ., 2016.

**Levanidov, V.Ya.**, Amur Salmon Stocks and Hydroconstruction, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1962, vol. 48, pp. 133–140.



**Loshkareva, A.A.**, *Geoinformatsionnaya sistema: teoriya, obshchaya informatsiya, rukovodstvo pol'zovatelya elektronnykh atlasov i bazoy dannykh «Sokhraneniye bioraznoobraziya lososevykh ryb Kamchatki i ikh ustoychivoye ispol'zovaniye»* (Geographic information system: theory, general information, user manual for electronic atlas and database "Conservation of biodiversity of salmonids of Kamchatka and their sustainable use"), Moscow: VNIRO, 2009.

**Pravdin, I.F.**, *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* (Guide to the Study of Fish), Moscow: Pishchevaya Promyshlennost', 1939.

**Semenchenko, A.Yu.**, GIS-system "Salmon of Primorye". The state of herds, inventory of population groups, in *Vizualizatsiya v issledovaniyakh bioresursov Mirovogo okeana* (Visualization in the research of biological resources of the World Ocean: materials of the branch. semin.), Vladivostok: TINRO-tsentr, 2003, pp.69–77.

**Tolchanov, V.S.**, *Otchet ekspeditsii Amurgosrybvoda za 1956 god po obsledovaniyu rek Kadi, Pryamaya i Krivaya KENZHA, Naleo i Chome* (Report on the Amurgosrybvod Expedition 1956 for Surveying the Rivers of Kadi, Pryamaya i Krivaya KENZHA, Naleo, and Chome), Available from KhabarovskNIRO, 1956b, Khabarovsk, no. 226v.

**Fadeev, E.S., Shevlyakov, E.A., and Feldman M.G.**, Integrated Monitoring of Escapement of Pacific Salmon Spawners to the Kamchatka River in Real-Time Mode, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2019, vol. 45, no. 7, pp. 546–559. doi 10.1134/S1063074019070022

**Cherfas, B.I.**, *Rybovodstvo v yestestvennykh vodoyemakh* (Fish farming in natural reservoirs), Moscow: Pishchepromizdat, 1940.

**Shokin, Yu.I. and Potapov, V.P.**, GIS today: current state, perspectives, solutions, *Computational Technologies*, 2015, vol. 20, no. 5, pp. 175–213.

**Shuntov, V.P.** Experience of creating new information database for biological resources of the Far Eastern Seas, *Vopr. Rybolov.*, 2005, vol. 6, no. 2–22, pp. 172–190.

**Shuntov, V.P. and Volvenko, I.V.**, Atlases of quantitative distribution of nekton in the Far Eastern seas, *Dal'nevost. Region — Rybn. Khoz.*, 2005, no. 3, pp. 19–42.

**Shuntov, V.P. and Volvenko, I.V.**, Generalized assessments of composition, quantitative distribution and biomass of benthic macrofauna on the shelf and slope in the North-West Pacific, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2015, vol. 182, pp. 3–22.

**Ekosistemy basseyna reki Bikin: sreda, chelovek, upravleniye** (Ecosystems of the Bikin River Basin: Environment, Man, Management), Zolotukhin, S.F., ed., Vladivostok: Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk., 1997.

**Brown, R.J., von Finster, A., Henszey, R.J., and Eiler, J.H.**, Catalog of chinook salmon spawning areas in Yukon River basin in Canada and United States, *J. Fish Wildl. Manag.*, 2017, vol. 8, no. 2, pp. 558–586. doi 10.3996/052017-JFWM-045

**Eder, B.L. and Neely, B.C.**, Use of Geographic Information Systems by fisheries management agencies, *Fisheries*, 2013, vol. 38, no. 11, pp. 491–496.

**Groves, P.A., Alcorn, B., Wiest, M.M., Maselkobe, J.M., and Connor, W.P.**, Testing unmanned aircraft systems for salmon spawning surveys, *Facets*, 2016, vol. 1, pp. 187–204. doi 10.1139/facets-2016-0019

**Khan, S. and Mohiuddin, K.**, Evaluating the parameters of ArcGIS and QGIS for GIS Applications, *IJARSE*, 2018, vol. 7, no. 3, pp. 582–594.

**Meaden, G.J. and Aguilar-Manjarrez, J.**, Advances in geographic information systems and remote sensing for fisheries and aquaculture, in *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper no. 552*, Rome: FAO, 2013.

**Ronne, L., Vanbuskirk, N., Holt, C., and Zimmerman, M.**, Spawner abundance and distribution of salmon and steelhead in the upper Chehalis River, 2017–2018, FPT 18–09, Olympia, Washington: Washington Department of Fish and Wildlife, 2018.

**Woll, C., Albert, D., and Whited, D.**, A preliminary classification and mapping of salmon ecological systems in the Nushagak and Kvichak watersheds, Alaska: Nature Conservancy, 2017.

**Instruktsiya o poryadke provedeniya obyazatel'nykh nablyudeniy za dal'nevostochnymi lososevymi na KNS i KNP basseynovykh upravleniy rybookhrany i statsionarakh TINRO** (Instructions on the procedure for conducting mandatory observations of Far Eastern salmon at the SPS and KNP of the basin fisheries management departments and TINRO stations), Vladivostok: TINRO, 1987.

Поступила в редакцию 25.05.2020 г.

После рецензии 10.08.2020 г.

Принята к публикации 20.08.2020 г.