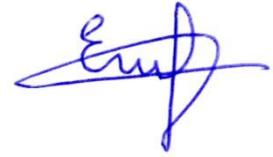


УДК 911.2

*На правах рукописи*



ЕГИДАРЕВ Евгений Геннадьевич

**Геоэкологические оценки проблем освоения  
гидроэнергетических ресурсов бассейна реки Амур**

Специальность 25.00.36 – геоэкология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

**Владивосток - 2013**

Работа выполнена в Информационно-картографическом центре  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Тихоокеанского Института Географии Дальневосточного Отделения РАН

Научный руководитель: **Каракин Владимир Павлович**,  
кандидат географических наук, зав.  
лабораторией Тихоокеанского института  
географии ДВО РАН  
(г. Владивосток)

Официальные оппоненты: **Махинов Алексей Николаевич**,  
доктор географических наук, профессор  
зам. директора Института водных и  
экологических проблем ДВО РАН  
(г. Хабаровск)

**Гусев Михаил Николаевич**,  
кандидат географических наук, доцент,  
зав. лабораторией Института геологии и  
природопользования ДВО РАН  
(г. Благовещенск)

Ведущая организация: Институт природных ресурсов, экологии  
и криологии СО РАН  
(г. Чита)

Защита состоится **«25» декабря 2013 г. в 13<sup>00</sup>** часов на заседании  
диссертационного совета Д 005.016.01 в Тихоокеанском институте географии  
ДВО РАН по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Радио, д.7.  
Факс: 8(423) 231-21-59.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ТИГ ДВО РАН

Автореферат разослан «\_\_» ноября 2013г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Скрыльник Г.П.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** В настоящее время по «Программе развития гидроэнергетики России на период до 2020 г. и на перспективу до 2030 г.» в стране намечено строительство 59 гидроэлектростанций (ГЭС) общей мощностью около 39000 МВт (по базовому сценарию) и более 44000 МВт (по максимальному). Решения о строительстве гидроэнергетических объектов принимаются с учетом множества условий: экономических, транспортных, геополитических, экологических и др. В настоящее время оценка экологических условий приобретает особую важность. Однако оценки экологических последствий строительства ГЭС могут содержать элементы субъективности. Повысить объективность геоэкологических оценок последствий строительства ГЭС призваны исследования, в основе которых лежит подход, основанный на системном анализе освоения гидроэнергетических ресурсов в масштабах того или иного речного бассейна, с учетом специфики его географического положения и своеобразия развития его геосистем.

Освоение гидроэнергетического потенциала (ГП) водных ресурсов неизбежно сопровождается антропогенным преобразованием природной среды, что чаще всего неблагоприятно сказывается на природе и условиях жизни человека. В Российской Федерации (РФ) одним из перспективных и одновременно проблемных для гидроэнергетического строительства является бассейн р. Амур - крупнейший трансграничный водный объект в РФ, что в значительной мере определяет специфику освоения его ГП. Экосистемы бассейна р. Амур имеют признанную природоохранную ценность мирового ранга, значительная часть которых представлена долинными комплексами, наиболее затрагиваемыми гидротехническим строительством. В работе, применительно к кругу решаемых задач, автор рассматривает термины «природный комплекс», «экосистема» и «геосистема» как тождественные.

Гидротехническое строительство на р. Амур в XX веке оказало влияние на экосистемы прилегающих к ГЭС районов. Это породило острую необходимость в своевременной научно обоснованной оценке изменений природной среды, вызванных водохозяйственными преобразованиями.

В настоящее время, в соответствии с международной практикой экологической оценки при разработке схем освоения ГП водных ресурсов в крупных речных бассейнах, принято проводить анализ и оценку местных экологических рисков по каждому отдельному объекту гидротехнического строительства. Подобный подход достаточно эффективен для эколого-экономической оценки отдельного объекта, но сумма оценок по объектам в пределах локальных воздействий не дает комплексной геоэкологической оценки (ГО) проблем гидротехнического строительства в целом бассейне.

Под геоэкологической оценкой автор понимает, произведенный с помощью географических методов пространственный анализ негативных экологических проявлений в пределах природных комплексов различного ранга, вызванных антропогенными воздействиями. Изменения природных комплексов от исходного состояния рассматриваются как экологическая проблема. В данной работе, на основе географических методов выделяются природные комплексы (бассейн, подбассейн, природные комплексы пойм и

др.) определяются их границы и площади, проводится оценка, в первую очередь, пространственных параметров их изменения (при различных вариантах строительства ГЭС).

В диссертационной работе поставлена актуальная научная задача, заключающаяся в совершенствовании методических подходов выполнения ГО при строительстве ГЭС в крупном речном бассейне, которая реализована с учетом специфики географических условий бассейна р. Амур. Геоэкологическая оценка воздействий на весь бассейн различных комбинаций плотин и сопоставление эффективности таких «сценариев освоения» гидроэнергетических ресурсов является востребованной методической задачей, а ее решение в бассейне р. Амур имеет важное прикладное значение.

Системная оценка геоэкологических воздействий на весь бассейн различных комбинаций плотин и сопоставление таких «сценариев освоения» по их интегральному (общему) воздействию не применяется на практике. В тоже время, данный вид оценки предоставляет возможность уменьшения экологического риска при строительстве новых ГЭС и увеличения эффективности работы существующих гидроузлов, а также учета мирового опыта и международных стандартов в сфере их планирования и строительства, придавая особую важность проблеме сохранения речных экосистем.

**Объект исследования** – трансграничный бассейн реки Амур с комплексом существующих и потенциальных ГЭС и связанных с их созданием геоэкологических проблем.

**Предмет исследования** - стратегический геоэкологический анализ воздействий ГЭС на экосистемы рек в условиях бассейна Амура.

**Цель исследований** – разработать и применить систему сценарных геоэкологических оценок различных потенциально реализуемых комбинаций крупных и средних ГЭС с учетом географической специфики бассейна р.Амур. Результаты оценки, реализованные средствами математико-картографического моделирования (МКМ) и геоинформационных систем (ГИС), должны быть сравнимы как для отдельных плотин, так и для их комбинаций в рамках целостного речного бассейна.

Для достижения цели решались следующие **задачи**:

1. Определить набор объектов для анализа на основе обзора разнородных фактических данных по проектным предложениям и характеристикам существующих ГЭС в российской, китайской и монгольской частях бассейна р. Амур;
2. Создать ГИС существующих и планируемых ГЭС в бассейне Амура, включающие характеристики каждого анализируемого объекта: цель создания, выработка гидроэлектроэнергии, мощность, высота плотины, площадь и объем водохранилища и др.;
3. Разработать и создать структуру ГИС природных объектов, на которые воздействуют существующие и потенциальные ГЭС (поймы, водотоки, водосборные бассейны, речной сток и др.);

4. Выявить и оценить главные измеряемые факторы геоэкологических воздействий ГЭС на речные системы и определить зоны влияния каждого потенциального гидроузла или их комбинаций в бассейне р. Амур;
5. Разработать и реализовать систему оценок геоэкологического воздействия новых гидроузлов и их комбинаций в условиях бассейна р.Амур;
6. С учетом результатов геоэкологической оценки выполнить ранжирование всего набора вероятных ГЭС, а также наиболее вероятных отдельных сценариев развития гидроэнергетики в бассейне Амура по степени возможного геоэкологического воздействия и ущерба;
7. Выполнить анализ геоэкологической и экономической целесообразности каскадного размещения ГЭС в бассейне р. Амур в сравнении с иными вариантами расположения гидроузлов. Разработать предложения размещения ГЭС в уже освоенных бассейнах;
8. Показать возможности совершенствования методов планирования и управления гидроэнергетическими ресурсами в речных системах с применением геоинформационных технологий.

**Фактические материалы.** При выполнении работы использованы: статистические и нормативные документы; фондовые материалы различных ведомств, в т.ч. Водного кадастра; Материалы схемы комплексного использования водных ресурсов (СКИВР) пограничных участков рек Аргунь и Амур: тома I, II, IV, V, VI- XIII (СКИВР, 1986-2000); Схема комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО), подготовленная специалистами ДальНИИВХ (Схема ..., 2009); Методические указания (2003); Техническая документация по отдельным проектам гидроузлов; Схемы территориального планирования субъектов РФ, входящих в бассейн р. Амур; Международные отчеты по трансграничным рекам: Hydropower Sustainability Assessment Protocol (International Hydropower Association 2010), World Commission on Dams (2000), Strategic Environmental Assessment of hydropower on the Mekong mainstream (Mekong River Commission, 2010).

Для морфометрического анализа речной сети и отдельных параметров проектируемых водохранилищ использованы данные цифровой модели рельефа (ЦМР), которая была получена радарным способом - Shuttle radar topographic mission (SRTM), и имеет пространственное разрешение 75 м.

В качестве главного источника картографической информации, в работе использовались: космические снимки спутников Landsat-7 и Aster, полученные с мировых баз данных: EarthExplorer (<http://earthexplorer.usgs.gov>); Global Visualization Viewer (GloVis - <http://glovis.usgs.gov>), а также бесплатный картографический сервис «Планета Земля» корпорации Google; данные о крупных водных объектах - SRTM Water Body Data (SWBD); мировые базы данных (Worldclimate, Fao, GRanD, GDEM, CIESIN); векторные топографические карты масштабов 1:500000, 1:200000 и 1:100000.

В ходе работы использовано программное обеспечение различного назначения: «Erdas» (для обработки спутниковых данных), «ArcGIS 10.1 и ArcInfo 10.0» (для обработки геоданных, для составления карт, схем и пр.), «Microsoft Excel» (для проведения результирующих и статистических расчетов данных).

**Методологической основой** работы являются подходы, основанные на бассейновом принципе и комплексном анализе экологических проблем гидротехнического строительства. Опираясь на ранее выполненные географические работы по бассейновому анализу и гидростроительству (Корытный, 2001; Чалова, Чалов, 1999; Эдельштейн, Гречушникова, 2006; Liermann, 2007; Ledec et al., 1997; Nilsson et al., 2005; Vorosmarthy et al., 2010; World Commission..., 2000), выполнен комплексный сценарный анализ размещения ГЭС на р. Амур. С этой целью была разработана и создана ГИС с расчетной таблицей, которая позволяет проводить сценарные оценки совокупного воздействия ГЭС на экосистемы бассейна р. Амур. При разработке геоэкологических методов проведения эколого-оценочных исследований с применением ГИС-технологий, автор опирался на работы следующих исследователей: Тикунова В.С., Лурье И.К., Калинина В.Г., Пьянкова С.В., Яковченко, С.Г., Глухова В.А., Кравцовой В.И., Lehner V., Meijerink A.M.J., Jarvis, A., Reuter H.I., Richter, B.D., Poff, N. L., и др.

Для разработки системы критериев отбора характеристик природных объектов, на которые воздействует ГЭС, использованы труды: Авакяна А.Б., Асарина А.Е., Звонкова В.В., Дубининой В. Г, Шикломанова И.А., Малик Л.К., Мандыча А.Ф., Чалова, Г.В, Вознесенского А.Н., Клопова С.В., Васильева Ю.С., Готванского В.И., Подольского С.А., Махинова А.Н., Сапаева В.М., Симонова Е.А., Хрисанова Н.И., Гусева М.Н., Кононовой М.Ю., Abell R.A., Sindorf N., Nilsson C., Jansson R., Vörösmarty C. J., Ledec G., Liermann C.R., Opperman J.J., Poff N. L., и др.

ГО основана на расчете ряда показателей экологического воздействия ГЭС, среди которых: площадь затопления новых территорий, изменение гидрорежима водотоков и поймы, блокирование и фрагментация водосборного бассейна, изменение стока наносов. При разработке ГО обобщены различные подходы, существующие в международной практике.

**Методы исследования:** общепринятые методы географического анализа; статистический; сравнительно-географический; математико-картографическое моделирование (МКМ); картографический; аналитический; геоинформационный.

**Научная новизна работы** заключается в том, что:

1. В соответствии с бассейновым подходом предложены методические разработки проведения геоэкологических оценок проблем освоения ГП крупных бассейнов (применительно к географической специфике бассейна р. Амур) на основе анализа географической информации путем совмещения ГИС-технологий и МКМ;
2. На основе предложенных методических разработок проведена геоэкологическая оценка существующих гидроузлов и потенциальных сценариев (вариантов) размещения ГЭС в бассейне р. Амур;
3. Для бассейна р. Амур впервые выполнено ранжирование существующих и перспективных ГЭС в соответствии с геоэкологической оценкой их основных факторов воздействия (зарегулирование стока и пойм, блокирование и фрагментация бассейна, затопление территорий, изменение стока наносов) на экосистемы реки;

4. Впервые составлена серия эколого-оценочных карт, отображающих прогнозные сценарии развития гидроэнергетики в бассейне реки Амур;
5. На основе существующих подходов к проведению ГО адаптированных к географическим условиям крупных трансграничных речных бассейнов, разработан и предложен новый способ получения общей (интегральной) оценки воздействий ГЭС на природные комплексы.

**Защищаемые положения:**

1. Математико-картографическое моделирование с использованием ГИС технологий позволяет наиболее комплексно анализировать и оценивать геоэкологические проблемы при строительстве ГЭС в речном бассейне;
2. Наряду с геоэкологическими оценками воздействия отдельных ГЭС на природные комплексы необходимо разрабатывать аналогичные оценки по набору сценариев развития гидроэнергетики в бассейне в целом или его крупных блоках;
3. Общие методические подходы к проведению геоэкологической оценки влияния ГЭС на речные экосистемы, нуждаются в адаптации к комплексу географических условий бассейна исследуемой реки;
4. Результаты стратегических геоэкологических оценок освоения гидроэнергетического потенциала в бассейне реки, позволяют выбрать оптимальную схему, при которой основные факторы экологического воздействия на экосистемы территории могут быть минимизированы и сбалансированы с ожидаемыми экономическими выгодами.

**Практическая значимость.** Комплексная ГО позволит структурам, принимающим решения, более обоснованно выбирать стратегию регионального развития, в части «Генеральных схем размещения объектов электроэнергетики», корпоративных и ведомственных планов, инвестиционных программ развития энергетики.

Методические разработки проведения ГО, ассоциированных с разными сценариями освоения ГП в бассейне р.Амур, были использованы в совместном исследовании WWF и En+Group (компания, работающая в сфере энергетики, металлургии и горной промышленности) «Комплексная эколого-экономическая оценка развития гидроэнергетики Амурского бассейна».

**Личный вклад автора.** Основные результаты диссертационной работы получены автором лично. На разных этапах исследований часть работ проводилось совместно с Е.А. Симоновым и А.С. Мартыновым. В совместных работах автор специализировался на реализации ГО и информационном обеспечении математических моделей с использованием ГИС-технологий. Автором собрана картографическая база данных гидротехнических сооружений (ГТС) в бассейне р. Амур, произведено картографирование и оценка состояния пойменных комплексов в долине р. Амур, выполнен расчет ЦМР, на основе которого определены параметры планируемых водохранилищ и другие рассматриваемые показатели ГО.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты исследования обсуждались на следующих конференциях: Международной научно-практической конференции «Природоохранное сотрудничество забайкальского края (Россия), автономного района внутренняя Монголия (Китай) и Восточного Аймака (Монголия) в трансграничных экологических

регионах» (2009г., Чита); «Использование ГИС и данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для целей охраны природы Дальнего Востока» (2009г., Хабаровск); V международной конференции «Реки Сибири» (2010г., Томск); Научной конференции «Географические и геоэкологические исследования на Дальнем востоке» (2010г., Владивосток); Молодежной конференции «Использование ГИС и данных дистанционного зондирования Земли при решении пространственных задач» (2011г., на борту теплохода «Александр Фадеев»); VI Международной конференции «Реки Сибири» (2011г., Красноярск); Российско-китайской конференции «Амур 2011» (2011г., Хабаровск – Тунцзян); XI Международной научно-практической конференции «Кулагинские чтения» (2011г., Чита); VII Международной конференции «Реки Сибири и Дальнего востока» (2012г., Хабаровск); Международной научно практической конференции «Социально – экономические проблемы и перспективы международного сотрудничества России-Китая-Монголии» (2012г., Чита); VIII Международной конференции «Реки Сибири и ДВ» (2013г., Иркутск); 16<sup>th</sup> «International River Symposium» (2013, Brisbane, Australia); «International Forum on Wetland Ecosystems and Services» (2013, Changchun, China).

**Публикации.** По теме диссертации опубликована 21 работа, в том числе 2 в иностранных изданиях и 2 в журналах из списка ВАК.

**Структура и объем работы.** Работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и 6 приложений. Работа изложена на 160 страницах машинописного текста, включает 17 таблиц и 30 рисунков. Список литературы составляет 244 наименования, в том числе 51 на иностранном языке. Приложения занимают 42 страницы.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю благодарность к.г.н. В.П. Каракину и к.г.н. В.В. Ермошину, за конструктивные критические замечания, сотрудникам лаборатории гидрологии ТИГ ДВО РАН за консультации и участие в обсуждении настоящей работы, за ценные советы и поддержку. Работа была бы невозможна без участия Е.А. Симонова и А.С. Мартынова. Автор выражает глубокую признательность Ю.А. Дарману за помощь и поддержку в организации исследования.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### **Глава 1. Геоэкологическая характеристика бассейна реки Амур и его территориальной структуры природопользования**

*Первая глава работы содержит геоэкологическую характеристику исследуемой территории, составленную на основе литературных данных.*

Сделан обзор материалов современных исследователей амурского региона Б.А. Воронова, П.Я. Бакланова, В.В. Никольской, В.И. Готванского, А.Н. Махинова, В.П. Каракина, В.Г. Крюкова, С.А. Подольского, С.С. Ганзея, В.В. Ермошина, Ю.А. Дармана, Е.А. Симонова и др.

В данной работе использовано экорегиональное бассейновое деление, которое было проведено в результате многолетней работы ведущих гидрологов и ихтиологов мира. Всего в мире выделено 426 пресноводных экорегиона, в том числе 7 в Амурском бассейне: Аргунь, бессточные бассейны восточной Монголии, Шилка, Средний Амур, Сунгари, Амуро-Уссурийский, Амуро-Амгуньский. Описаны их основные природные характеристики и антропогенные преобразования (Abell, et al., 2008).

В описании бассейна реки Амур подчеркнута его трансграничное положение, которое характеризуется неравномерной плотностью населения и интенсивностью природопользования (Каракин, Шейнгауз, 2004).

Первая глава иллюстрирована серией картосхем, полученных из открытых мировых баз данных, которые наглядно отображают и обобщают сведения по основным природным и социально-экономическим характеристикам исследуемого региона (Hijmans, 2005; DeFries, 2000; Global..., 2000; Hansen, 2001 и др.).

Освещены экологические особенности и глобальная ценность пресноводных экосистем Амурского бассейна. В конце первой главы показаны угрозы потери экосистемами своей ценности под воздействием антропогенной деятельности. Представлена авторская карта «Особо охраняемые природные территории (ООПТ) в бассейне р.Амур». Здесь же представлена карта водно-болотных угодий (ВБУ) со списком территорий, включенных в Рамсарскую конвенцию (Егидарев, Симонов, 2010).

Материалы первой главы позволяют сделать заключение о том, что исследуемая территория имеет сложную географическую структуру, на которую накладывается неравномерное размещение населения, что в свою очередь, определяет разную преобразованность территории, неравномерную антропогенную нагрузку.

### **Глава 2. Изученность Амурского бассейна и проблем, связанных с гидротехническим строительством**

*Проанализирована история освоения гидроэнергопотенциала и современное состояние ГЭС в Амурском бассейне. Освещены планы гидростроительства на Амуре и его основных притоках. Сделан обзор полного перечня большинства социально-экономических и экологических проблем, возникающих при строительстве ГЭС в речных бассейнах.*

Активная хозяйственная и, в особенности, водохозяйственная деятельность человека, ставшая во второй половине XX века одним из ведущих факторов средообразования, обусловила изменение водного режима обширных территорий, нарушила сложившиеся природные связи и стала

причиной развития негативных процессов и явлений в природной среде и социально-экономической сфере. Водные объекты в бассейне р. Амур претерпевают как количественные, так и качественные изменения воды в связи со значительной антропогенной нагрузкой: строительство плотин, дамб, берегоукреплений; ирригация, создание каналов и переброска вод; водопотребление и водоотведение; добыча полезных ископаемых, песка, гравия и пр.

Самые крупные ГЭС с водохранилищем емкостью более 10 млрд. м<sup>3</sup> на территории российского Дальнего Востока (РДВ) - это Зейская и Бурейская. Основной целью их создания, является выработка гидроэнергии и защита населения (в том числе их хозяйственной деятельности) в нижнем бьефе от катастрофических паводков. Все остальные водохранилища российской части бассейна имеют малые емкости (до 10 млн. м<sup>3</sup>), их назначение – водоснабжение, орошение и рыбозаведение, а не электрогенерация.

Развитие гидроэнергетики на РДВ основывается на работах, выполненных больше полувека назад (Звонков, 1956; Золотарев, 1950; Клопов, 1958; Проектирование схем..., 1966 и др.). Книга «Энергетические ресурсы СССР» (1967) под редакцией А.Н. Вознесенского - одна из самых полных опубликованных работ, и все дальнейшие начинания по планированию новых гидроузлов, так или иначе, опираются на нее. В 60-е годы XX века российские ученые обосновали концепцию «Преобразование природы бассейна Амура» со следующими составляющими: регулирование стока, комплексное использование энергии рек, улучшение возможностей их транспортного использования и организация рыбозаведения в бассейне р. Амур. Предполагалось создание регулирующих водохранилищ, которые накапливали бы до 100% годового объема стока р. Амур и активное «канализование» водных путей: каналы озеро Кизи – бухта Табо, оз. Ханка - Амурский залив и др. При неприятии общей парадигмы, суть которой в кардинальном преобразовании природы, следует отметить комплексность подхода. Необходимо добиться того, чтобы использование энергетического потенциала рек не рассматривалось как единственная важная задача. Несмотря на попытки создать общую СКИВР (1956 и 1985 гг.), Россия и Китай осваивали водные и гидроэнергетические ресурсы в бассейне р.Амур параллельно и независимо друг от друга.

Предмет наших оценок – геоэкологические проблемы освоения ГП бассейна р. Амур в целом. Поэтому, российская часть бассейна анализируется совместно с китайской и монгольской. В оценках рассматривается приблизительно 90% технически доступного ГП бассейна р. Амур, что потребовало сводки разнородного информационного материала. По результатам этого анализа (способ оценки рассматривается в отдельной главе) величина технического ГП анализируемых створов оценивается нами в 91 млрд кВт·ч/год, при этом рассматриваются только крупные и средние ГЭС (рис. 1).



Рис.1: Технический ГП в бассейне р.Амур и его освоенность (2012 г.) (расчеты автора)

построены крупные и средние ГЭС (в автореферате представлено 55 ств.) (табл. 1; рис. 2).

Для анализа были выбраны наиболее перспективные створы, которые в большинстве случаев являются также наиболее проблемными с геоэкологической точки зрения. Важным, но вторичным фактором при отборе была обеспеченность створов необходимой для расчетов информацией. Всего в бассейне р. Амур мы анализируем 84 створа, на 18 из которых к 2012 г. уже

Таблица 1

Исходные данные по существующим и проектируемым ГЭС для производства расчетов по анализируемым участкам рек\*

Наименование створа (водоток) / Водоохранилище	Номер на карте	Годовая выработка ГЭС	Установленная мощность	Высота плотины	Регулируемая ёмкость водохранилища (LV)	Сток 50% обеспеченности (W_50)	Наибольшая зафиксированная площадь водохранилища (R_A)	Площадь водосбора выше створа (SB_up)
		Млн.кВт /ч	МВт	Метр	Км <sup>3</sup>	Км <sup>3</sup>	Км <sup>2</sup>	Км <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>РОССИЯ</b>								
Шилка-5 / Шилкинская	28.2	3000	736	94	9.50	16.9	495.9	200525
Гиллой-2 / Гиллойская	54	1150	380	105	3.25	6.1	293.8	21607
<b>Зея-7 / Зейская</b>	56	4900	1330	99	32.10	23.1	2292	82517
Зея-9 / Инжанская	59	700	100	12	0.15	27.0	69.3	104144
Зея-12 / Чагоянская	63	720	100	15	0.30	31.5	87.4	125463
Зея-13 / Граматухинское	64.1	1970	300	29	2.37	32.0	223.8	128358
Зея-13 / Граматухинское альт.	64.2	915	100	12	0.15	32.0	55.2	128358
Селемджа-2 / Экимчанское	66	1050	190	81	4.00	6.0	112.9	11199
Селемджа-3 / Русиновское	67	1510	550	102	4.46	7.5	309.7	15667
Селемджа-4 / Стойбинское	68	980	180	48	4.00	9.1	139.2	18367
Селемджа-6 / Икиндинское	70	760	140	36	4.00	9.5	157.3	20810
Буряя-2 / Умалтинское	91	800	150	74	4.00	6.5	40.4	7001
Ниман-2 / Нижне-Ниманское	93	2230	450	145	8.30	6.8	472.1	13888
Буряя-3 / Усть-Ниманское	94	2040	600	74	4.00	13.4	385.8	26295
<b>Буряя-6 / Бурейское</b>	98	7100	2000	124	10.70	28.3	694.3	64922
Буряя-7 / Нижне-Бурейское	99	1650	321	38	0.07	29.0	179.3	66844
Уссури-1 / Шегухинское	150	1000	300	50	3.30	8.8	218.6	15426
Б. Уссурка-1 / Дальнереченское1	155	1280	660	85	4.30	7.1	212.8	14461

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Б. Уссурка-2 / Дальнереченское2	156	540	250	27	0.03	8.9	44.1	17880
Бикин-2 / Шандегамская	159	710	180	55	7.80	6.0	558.4	15269
Хор-1 / Хорские	164	530	133	55	0.50	2.7	87.9	11402
Амгунь-1 / Нижне Амгуньское	179	3200	650	85	10.00	9.6	231.7	11183
<b>РОССИЯ-КИТАЙ: Аргунь и основное русло Амура</b>								
Аргунь-4 / Усть-Уровское	15	1788	360	100	18.40	9.5	866.6	266730
Амур-2 / Амазарское (Мохэ)	31	5800	2000	94	18.70	29.4	766.6	496813
Амур-05 / Джалиндинское	37	3100	1000	41	1.80	34.7	414	528978
Амур-07 / Толбузинское	40	1500	600	56	7.80	39.4	467.4	558088
Амур-08 / Кузнецовское	41.1	1000	300	53	1.79	39.5	475.6	566826
Амур-08 / Кузнецовское альт.	41.2	8900	1800	105	75.50	39.5	3555.9	566826
Амур-08 / Кузнецовское альт.	41.3	5074	1600	86	15.40	39.5	1332.8	566826
Амур-10 / Хэйхэ (Сухотинское)	45	1310	450	36	3.60	48.0	637.9	610705
Амур-11 / Благовещенское	46	4100	1400	43	3.60	50.6	672.2	618549
Амур-15 / Хинганское	101	6900	1800	20	0.49	150.1	365.5	986873
<b>КИТАЙ</b>								
Хайлар-1 / Чжалуомудэ	1	40	15	25	0.30	1.7	221.6	15757
<b>Иминьхэ-0 / Хунхуаерци</b>	2	30	8	45	0.15	0.8	23.8	2322
Хума-2 / Ланьхэ	43	1200	400	35	3.50	6.6	160.5	27427
Жанхэ1 / Сихэ	87	251	100	30	0.80	3.2	39.1	5886
<b>Наоли-0 / Лунтоуцяо</b>	161	4	3	-	0.30	1.0	44.2	1731
Нонни-2 / Гугухэ	103	1400	525	37	0.45	3.8	190.8	23623
Ганьхэ-2 / Люцзятун	105	331	125	36	0.50	3.9	146.2	19670
<b>Нонни-4 / Ниэрци</b>	107	630	250	41	5.86	11.0	399.4	66216
<b>Нэмэр-0 / Шанькоуху</b>	108	42	25	20	0.50	1.1	80.4	3751
Билахэ-1 / Биланхэкоу	111	500	250	45	1.50	4.8	107	8809
<b>Чаоэрхэ-2 / Веньдегень</b>	116	153	50	30	0.82	2.2	24.8	15191
<b>Гаоэрхэ-1 / Чаэрсен</b>	118	27	13	20	0.65	1.4	61	7663
Эрдаоцзян-0 / Сыхугоу	122	747	240	50	0.75	3.9	12.7	2971
Сунцзян-0 / Шилун	123	1230	660	50	0.40	0.9	7.7	1909
<b>Вторая Сунгари-2 / Байшань</b>	125	2440	1700	150	4.96	8.0	118.2	18799
<b>Вторая Сунгари-4 / Фенмань</b>	128	2030	1004	91	5.35	13.4	318.6	42977
<b>Вторая Сунгари-6 / Хадашань</b>	131	167	90	16	3.35	16.1	662.3	72623
<b>Сунгари-4 / Дадинцзышань</b>	139	332	66	10	0.50	48.4	317.5	436675
Сунгари-5 / Илань	140	700	120	10	0.50	54.5	215.5	463951
<b>Муданцзян-1 / Цзинбоху</b>	141	313	96	20	0.50	3.2	136	12040
<b>Муданцзян-2 / Ляньхуаху</b>	142	800	550	72	2.09	7.4	121.9	29683
Муданцзян-3 / Чанцзятун	143	560	230	30	0.25	8.3	98.4	35964
<b>МОНГОЛИЯ</b>								
Онон-1 / Каскад на Ононе	18	500	200	50	0.80	0.9	186.5	16622

\* жирным шрифтом выделены существующие плотины. Многие показатели получены картографическими измерениями и путем анализа ЦМР.

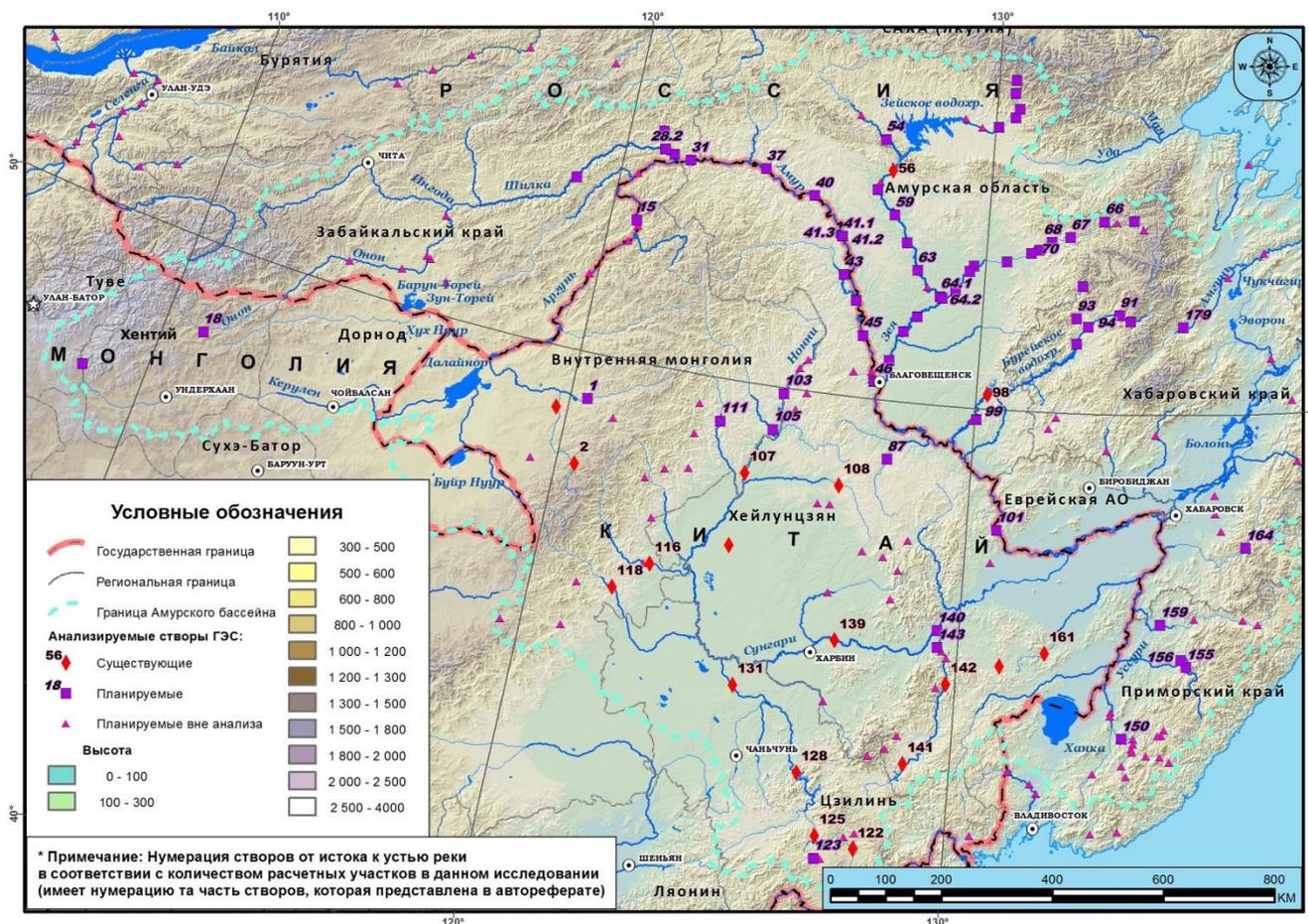


Рис. 2: Схема размещения существующих и планируемых ГЭС в Амурском бассейне (фрагмент)

Как видно из рисунка, спроектированные ранее плотины располагаются не только на притоках реки, но и на самом Амуре. Однако допустимая экологическая емкость природных комплексов в отношении гидростроительства значительно ниже технической. При массивном гидростроительстве на реке происходят необратимые преобразования природной среды, примером таких преобразований может послужить западная часть нашей страны либо страны (Китай, Бразилия, Норвегия) с более развитой гидроэнергетикой (Доброумов, Устюжин, 1980; Добрышев, 1989; Найденко, 2003; Эдельштейн, 1998 и др.).

Экологические проблемы в регионе долго оставались в стороне и стали значимыми только в 80-е годы. Большая часть створов была намечена в эпоху смены политических и экономических ценностей конца XX века. Малозначимые или несущественные в масштабах бассейна проблемы, связанные с освоением ГП, стали потенциально гораздо более значимыми с разработкой комплексной схемы освоения бассейна Амура. Однако существующий опыт, в том числе и двух функционирующих в российской части амурского бассейна ГЭС, говорит о низкой степени экологической адаптации некоторых крупных гидроузлов к конкретной природной специфике региона, что приводит к усилению их отрицательного воздействия на экосистемы. Поэтому, крайне важно уже на предварительной стадии обсуждения и решения проблем гидроэнергетического освоения региона

разработать систему оценок экологических воздействий при создании новых гидроузлов в условиях конкретного региона, определить зоны влияния каждого вероятного гидроузла, классифицировать все вероятные гидроузлы по степени возможного экологического воздействия и ущерба.

### **Глава 3. Развитие методов изучения воздействия ГЭС на природную среду в геоэкологических условиях бассейна реки Амур**

*Сделан обзор существующих методических подходов к оценке геоэкологических проблем в крупных трансграничных речных бассейнах. Выбраны и описаны основные факторы экологических воздействий ГЭС, предложены методические разработки выполнения геоэкологических сценарных оценок развития гидроэнергетики в бассейне крупной реки.*

Конкретной задачей в рамках данного исследования является обоснование и создание методических разработок по проведению экспресс-оценок сценариев освоения ГП бассейна реки, включающих сравнительный анализ различных схем размещения ГЭС и выявление створов, где экологические издержки будут наименьшими в масштабах бассейна. Под сценарием (*n*) мы понимаем определенную схему размещения и функционирования ГЭС в рассматриваемом бассейне реки.

Перечень воздействий от гидроузлов, описанных в литературе, довольно большой и многообразный. Вероятно, существуют и неизученные последствия от строительства ГЭС. Всего было рассмотрено около сотни факторов воздействия ГЭС. Для оценки совокупного влияния одной или нескольких ГЭС на экологическое состояние бассейна было выбрано три основных и два дополнительных фактора воздействия, от которых зависит проявление и степень выраженности большинства других воздействий в бассейне в целом. К основным отнесены факторы и показатели, получившие наиболее широкое распространение в мировой практике по оценке ГЭС (выражены как в условных гектарах, так и в процентах). К дополнительным факторам отнесены важнейшие воздействия ГЭС, выражение которых в единообразных единицах затруднено. Деление на основные и дополнительные скорее отражает эволюцию методики оценки и удобство использования, а не сравнительную важность анализируемых факторов воздействия.

Три основных фактора воздействия:

1) **Степень трансформации экосистем поймы в нижних бьефах гидроузлов до устья главной реки в связи с изменением гидрологического режима стока рек:** расчет площади и доли измененных воздействием плотины пойменных экосистем ниже створа плотины от всех пойм крупных водотоков речного бассейна. Показатели: площадь пойм, измененных воздействием плотины на гидрорежим – Sum\_IF (км<sup>2</sup>); доля измененных пойменных экосистем вследствие регулирования стока – IMP\_flood (%).

2) **Трансформация водных и околотоводных экосистем в верхних бьефах гидроузлов в результате затопления (создания водохранилищ):** расчет площади и доли водохранилища от площади всех водных экосистем бассейна выше рассчитываемого створа. Показатели: площадь

водохранилища, созданного плотиной –  $R_A$  (км<sup>2</sup>); доля водохранилища в общей площади водных экосистем верхнего бьефа ГЭС –  $IMP_{res}$  (%).

3) **Блокирование речного бассейна**, в т.ч. пресечение путей миграции биологических видов: расчет площади и доли заблокированной плотиной части речного бассейна. Показатели: площадь заблокированной плотиной части речного бассейна –  $SB_{dam_{up}}$  (км<sup>2</sup>); доля заблокированной плотиной части речного бассейна –  $IMP_{block}$  (%).

Два дополнительных фактора воздействия:

4) **Фрагментация бассейна** – степень расчленения бассейна на отдельные участки плотинами, выраженная как процент утраченных путей передвижения по речной сети. Показатель: Степень фрагментации, выраженная условными значениями, варьирующими от 1 до 100, –  $IMP_{frgm}$  (%).

5) **Изменение естественного стока наносов**, выраженное как доля стока, прошедшая через плотины и не доставившая наносы на нижележащие участки(%). Показатель: Степень нарушения стока наносов за счет их осаждения в водохранилищах –  $IMP_{sed}$  (%).

Практика анализа последствий гидростроительства показывает, что 90% разнообразных проблем, связанных с ГЭС, так или иначе, зависят от трех первых вышеуказанных параметров в сочетании с местными условиями. Выбор факторов воздействия и критериев оценки их интенсивности хорошо согласуется с мировой и отечественной практикой. Именно параметры 1, 3, 4 используются во всемирных оценках антропогенных воздействий на речные бассейны. Параметр 2 наиболее общепотребителен, часто используется для обобщенного представления всех воздействий в верхнем бьефе, а в российской научной литературе приводится чаще любых других показателей воздействия ГЭС. Параметры 4 и 5 расширяют возможности применения методики и повышают результирующую точность геоэкологической оценки воздействия плотины на речной бассейн.

В исследовании были использованы ГИС-технологии для получения следующих показателей: площадь водного зеркала и объем водохранилищ; площадь водных объектов в бассейнах рек; площади водосборных бассейнов; площадь пойм в долинах рек.

Для осуществления комплексной оценки воздействия гидроэнергетических проектов нужно использовать бассейновый подход и многофакторный анализ. В этой связи анализируемая речная система была поделена на расчетные участки (отрезки долин рек и подбассейны), границами которых служат истоки и места слияния крупных притоков, а также существующие и потенциальные створы ГЭС. Каждый выделенный участок ( $x$ ) со своим природным комплексом является ключевым элементом многофакторного анализа. Всего в современной модели р. Амур выделено 214 таких участков, которым соответствуют подбассейны выше по течению.

Рассмотрены все створы ГЭС, обсуждавшиеся в различных доступных документах за последние 20 лет, а также ряд дополнительных створов из исчерпывающего обзора 1967 г. (Гидроэнергетические..., 1967).

По каждому расчетному участку заполняется таблица информацией о рассчитываемых показателях, перечисленных ранее. Затем в рамках

рассматриваемого набора сценариев ( $n$ ) освоения ГП для каждого участка реки ( $x$ ) рассчитываются численные показатели пяти основных факторов влияния.

Основные этапы вычисления рассматриваемых факторов воздействия ГЭС на расчетных участках выполняются в таблице Microsoft Excel, позволяющей применять необходимые для формирования анализируемых сценариев логические функции в формулах расчетов (табл. 2).

Таблица 2

Вычисление анализируемых факторов воздействия ГЭС по участкам рек в зависимости от сценария (схемы расположения ГЭС)

ПОКАЗАТЕЛЬ	Индекс, код показателя	Единицы измерения	Формула для участка и сценария, или источник	Исходные данные
<b>1. ПОКАЗАТЕЛИ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОРЕЖИМА</b>				
Полезный объем водохранилищ (регулируемая ёмкость водохранилища)	LV	куб.км.	-	Из документов по водохранилищам, ГИС моделирование
Суммарный полезный объем всех водохранилищ выше створа (в сценарии)	LV_acc_n	куб.км.	$\sum LV$	Расчет
Сток 50% обеспеченности (при отсутствии данных - средний годовой сток) на участке ( $x$ )	$W_x^{50}$	куб.км.	-	С постов наблюдений, гидрологические справочники
Степень регулирования (изменения) стока на участке ( $x$ )	Alt <sub>x</sub>	усл %	$\frac{LV}{W^{50}} * 100\%$	Расчет
Площадь поймы на участке ( $x$ )	S_fl <sub>x</sub>	кв.км.	Расчет в ГИС	Топокарты, дешифрирование КС
Изменение пойменных экосистем на участке ( $x$ )	IF <sub>x</sub>	Условные кв.км.	$\frac{Sfl * Lv\_acc}{W^{50}}$	Расчет
Изменение пойменных экосистем в сценарии ( $n$ )-сумма значений всех измененных участков пойм	IMP_flood	% Условные кв.км.	$\frac{(\sum IF)_{xn}}{\sum S\_fl_{xn}} * 100$	Расчет
<b>2. ПОКАЗАТЕЛИ ТРАНСФОРМАЦИИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ</b>				
Максимальная площадь водохранилища	R_A	кв.км.	-	С документов по водохранилищам, ГИС
Сумма площади всех водохранилищ выше створа в данном сценарии ( $n$ )	R_A_acc_xn	кв.км.	$\sum R\_A$	Расчет
Площадь воды (в межень) внутри контура водохранилища до его строительства	SWO	кв.км.	Расчет в ГИС.	Старые карты и КС
Площадь всех водных объектов речного бассейна выше расчетного створа ( $x$ ) вместе с водохранилищами в сценарии ( $n$ ).	SWR <sub>xn</sub>	кв.км.	-	Топокарты, ЦМР (SRTM), КС
Отношение площади водохранилищ (а) к площади всех водных экосистем выше створа (в сценарии)	IMP_res_xn	% Условные кв.км.	$\frac{R\_A\_acc_{xn}}{SWR_{xn}} * 100$	Расчет

3. ПОКАЗАТЕЛИ БЛОКИРОВАНИЯ БАССЕЙНА				
Площадь участков бассейна реки выше данного створа ( $x$ ), заблокированных выше построенных по сценарию ( $n$ ) плотин	$SB\_dam\_up_{xn}$	кв.км.	Операция watershed на основе ЦМР (SRTM)	ГИС моделирование и расчет
Площадь бассейна выше данного створа ( $x$ )	$SB\_up_x$	кв.км.	Операция watershed на основе ЦМР (SRTM)	ГИС моделирование и расчет
Процент водосбора заблокированный плотинами выше створа	$IMP\_block_n$	% кв.км	$\frac{SB\_dam\_up_{xn}}{SB\_up_x} * 100$	Расчет
4. ПОКАЗАТЕЛИ ФРАГМЕНТАЦИИ				
Площадь частей бассейна реки, на которые фрагментирован плотинами бассейн в сценарии	I, II, ... (в сценарии- $n$ )	кв.км.	ГИС моделирование и расчет	Операция watershed на основе ЦМР (SRTM)
Общая площадь бассейна главной реки (Амур)	SB	кв.км.	ГИС моделирование и расчет	Операция watershed на основе ЦМР (SRTM)
Фрагментация бассейна	$IMP\_frgm_n$	%	$\left(1 - \frac{\sqrt{I^2 + II^2}_n}{SB\_up_x}\right) * 100$	Расчет
5. ПОКАЗАТЕЛИ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА НАНОСОВ				
Изменение стока наносов в сценарии ( $n$ )	$IMP\_sed_n$	%	$\frac{\sum_x LOSS_x * S\_fl_x}{\sum_x W_x^{50} * S\_fl_x} * 100$	Расчет

Оценка общего воздействия на бассейн производится в любом замыкающем створе. Для всего бассейна реки замыкающим створом является ее устье. Полученные результаты каждого расчетного участка в сценарии суммируются отдельно по анализируемым факторам воздействия. Рассчитываемые показатели могут быть выражены как в абсолютных (три главных фактора), так и в относительных значениях. Эти две оценки хотя и являются «условными» гектарами и процентами, но вполне корректны для сравнения бассейновых сценариев.

Для полноценной результирующей оценки воздействий по сценариям рассчитывается общее среднегеометрическое влияние всех рассматриваемых факторов воздействия. Чтобы иметь возможность сравнивать разные сценарии освоения ГП в бассейне по одному наглядному значению, определяется интегральный показатель по 5 факторам:

$$Int^5 = \sqrt[5]{IMP_{flood} * IMP_{res} * IMP_{block} * IMP_{frgm} * IMP_{sed}}$$

Такая операция позволяет выполнить интегральную оценку как по трем главным ( $Int^3$ ), так и по всем рассматриваемым ( $Int^5$ ) факторам воздействия. Интегральная оценка по 3 главным факторам предназначена для одновременного учета численных значений площади преобразованной поймы, площади водохранилищ и площади изолированной части бассейна. Аналогично можно интегрировать показатели, выраженные в процентах. Для 5 факторов возможен только интегральный показатель в процентах. Среднее геометрическое неадекватно отражает воздействие при сверхнизких значениях какого-либо одного показателя, например, в случае русловых

водохранилищ с минимальной емкостью. В связи с этим, при сравнении результатов расчета надо анализировать как интегральную оценку, так и отдельные показатели. Основное преимущество использования интегральной оценки – возможность быстро сравнивать много разных сценариев освоения ГП. Главный недостаток – утрата прямой связи с конкретными экологическими процессами. Поэтому для более полного анализа необходимо пользоваться отдельными показателями, имеющими прямой экологический смысл.

Площадь (или %) измененных экосистем можно поделить на объем вырабатываемой (или планируемой к выработке) электроэнергии и тем самым сравнить удельные воздействия для разных сценариев. Удельные величины воздействий отражают эффективность ГЭС, их можно получить как по отдельным рассматриваемым факторам, так и по интегральной оценке. При прочих равных условиях предпочтительно строительство ГЭС, обладающих лучшими удельными показателями и соответственно наибольшей социально-экологической и экономической эффективностью. Такой метод оценки применим как для сравнения единичных ГЭС, так и для оптимизации планирования каскадов и сетей ГЭС в крупных речных бассейнах.

#### Глава 4. Геоэкологическая оценка проблем гидроэнергетики бассейна р. Амур при различных сценариях развития

*Представлены результаты ГО индивидуальных створов ГЭС и их каскадов, проведена их классификация. Сделан и представлен анализ различных сценариев развития гидроэнергетики в бассейне р. Амур. Предложены некоторые правила и варианты оптимального размещения гидроузлов в бассейне р. Амур.*

Рисунок 3 отображает рассчитанные показатели воздействий, а также их интегральные и удельные значения для анализируемых створов ГЭС.

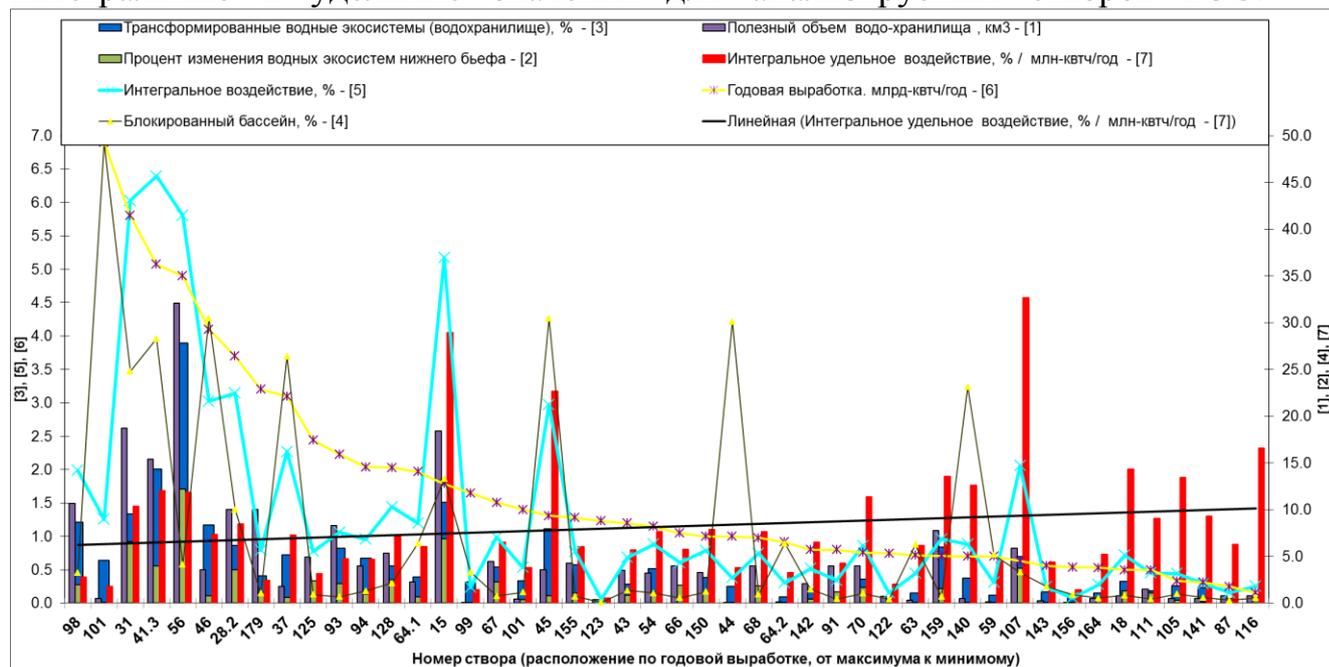


Рис. 3: Рассчитанные показатели ГО индивидуальных ГЭС. Номера створов в соответствии с таблицей 1 и рисунком 2.

Диаграмма (рис. 3) оперирует условными значениями и является хорошим инструментом для сравнения и классификации отдельных гидротехнических сооружений в бассейне. Из представленных в автореферате 55 створов ГЭС только для 9 генерация электричества не является ведущей функцией. Такие ГЭС не оценивались по стандартным показателям удельного воздействия, так как они не отражают основных экономических выгод от их эксплуатации, и меньшая часть водных ресурсов из полезного объема водохранилища используется для производства электроэнергии.

Оценка влияния индивидуальных ГЭС дает хорошие ориентиры для прогнозирования разных сценариев развития гидростроительства. Благодаря этому, можно спрогнозировать освоение ГП в Амурском бассейне и с помощью разработанных ГО найти некоторые пути оптимизации в развитии отрасли гидроэнергетики. С этой целью сформировано и рассчитано более 100 различных сценариев освоения ГП бассейна р. Амур. Содержание наиболее показательных сценариев представлено в таблице 3.

Таблица 3

Прогнозирование некоторых сценариев освоения ГП в бассейне р. Амур

Номер рисунка	Цель создания сценариев	Номер сценария	Состав сценария, номер створа ГЭС (см. рис. 2)	Комментарии к сценариям
Рис.5	Показать взаимосвязь между факторами воздействия в разных сценариях с расположением ГЭС выше и ниже по течению реки с одинаковой суммарной выработкой этих сценариев.	28	123, 87, 122, 111, 91, 164, 66	ГЭС в истоках рек
		29	141, 159, 93, 155, 67	
		30	18, 68, 125, 105, 54	
		31	54, 70, 179	ГЭС расположенные в срединной части крупных водотоков
		32	103, 150, 94, 43, 142	
		33	56	ГЭС в устьях крупных водотоков и на главном русле Амура.
		34	41.3	
		35	28.2, 45	
Рис.6	Показать возможные варианты размещения новых ГЭС с наименьшими показателями геоэкологических воздействий	36	46	Существующие российские ГЭС (Зейская и Бурейская)
		37	56, 98	
		38	56, 98, 54, 93, 94, 91	Разные варианты каскадного размещения ГЭС на Зее и Бурее (минимизация воздействий за счет уже освоенных притоков)
		39	56, 98, 91, 59, 94, 99, 93	
		40	56, 98, 59, 63, 64.1, 99, 93, 91	
		41	56, 98, 99, 91, 103, 123, 122, 125	Минимизация воздействий за счет каскадов и ГЭС с низким удельным воздействием
		42	56, 98, 123, 122, 125, 103, 91, 164	
		43	56, 98, 123, 122, 125, 99, 64.1	
		44	56, 98, 64.1, 99, 70, 68	С использованием главного русла реки (Хинганская ГЭС)
		45	56, 98, 101	
		46	2, 56, 98, 107, 108, 116, 118, 122, 125, 128, 139, 141, 142, 161	Ситуация на 2012 г.
47	56, 98, 15, 28, 70, 107, 116, 159	Максимум воздействий от ГЭС в анализируемых створах		

## Оценка значимости положения ГЭС в бассейне крупной реки (главное русло или притоки)

В ранних работах Ю.С. Васильева и Н.И. Хрисанова (1984) указывается, что смещение ГЭС в горные и предгорные районы привело к уменьшению удельных затоплений (отнесенных к единице мощности, выработки напора или объема водохранилища). Многие авторы (World ..., 2000; Малик, 1990 и др.) рекомендуют не строить ГЭС на «главном русле», но для большинства рек с равновеликими притоками однозначно «главное русло» начинается уже недалеко от устья. Мы использовали положение, что ГЭС расположена тем «выше», чем меньше процент бассейна ею заблокирован. Возможны еще несколько альтернативных определений (расстояние до устья, положение в рельефе, размерной категории блокируемых притоков).

Чтобы снизить влияние случайных факторов, ГЭС были сгруппированы в 9 сценариев (28-36) с одинаковой суммарной выработкой (5-6 млрд. кВтч/год). Каждая группа включала ГЭС с близкими индивидуальными значениями заблокированного бассейна. На главном русле (т.е. в нижнем течении) большинство ГЭС сверхкрупные, и их нельзя собрать в группу с той же выработкой для сглаживания индивидуальных особенностей. В сценариях также не использовались каскады и контррегуляторы.

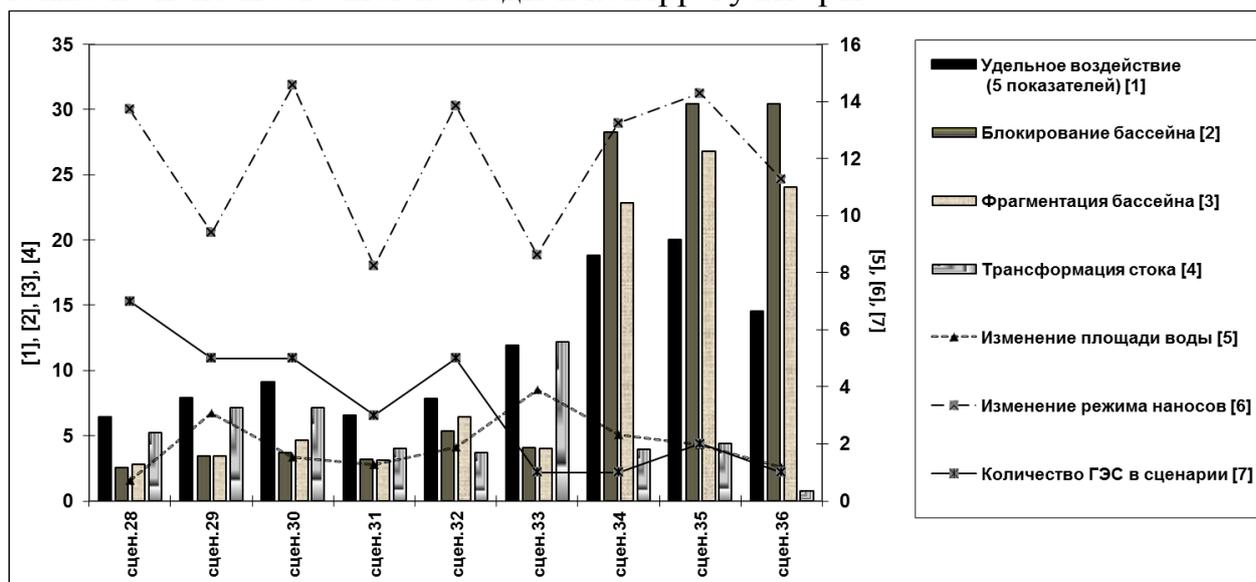


Рис. 5: Взаимосвязь между факторами воздействия в разных сценариях с расположением ГЭС выше и ниже по течению реки

Просматривается некоторое увеличение удельного воздействия при сдвиге створов вниз по течению от сценария 28 к сценариям 34-36 (рис. 5). Это обусловлено, прежде всего, ростом блокирования и фрагментации бассейна, тогда как изменение других показателей воздействия не имеет очевидной тенденции. В нижней части реки удельное воздействие в среднем в 2-2,5 раза выше, чем для ГЭС расположенных в истоках.

Несмотря на эту тенденцию, также есть сценарии, в которых ГЭС, расположенные ниже на притоках, будут оказывать меньшее воздействие, чем расположенные выше (сценарий 31 дает меньшее удельное воздействие, чем сценарий 29 и 30). В нем ГЭС на притоке, близком к устью (т.е. р. Амгунь), приведет к меньшему воздействию на поймы, чем ГЭС в самых и

речной системы, так как ниже этого створа расположена меньшая площадь пойм.

Предполагается, что одним из ключевых факторов при расположении ГЭС является форма речных долин бассейна. В верховьях Амура немногочисленные крупные притоки текут по узким глубоким каньонам с большими перепадами высот. Для большинства же притоков обычны широкие болотистые долины. Именно это, наравне с влиянием на поймы, лежащие ниже по течению, обуславливает колоссальное воздействие Зейского водохранилища (сценарий 33). Соответственно, в другом бассейне с более расчлененным рельефом выгоды от размещения ГЭС должны быть более очевидны, но возможны несколько иные соотношения между расположением и удельным воздействием ГЭС. В любом случае, ГЭС на «главном русле», отсекающая более 20% бассейна, будет характеризоваться худшими удельными показателями воздействия, чем большинство ГЭС на притоках выше по течению.

### **Уже затронутые и еще незатронутые гидротехническим строительством притоки рек (каскады ГЭС)**

На практике в большинстве случаев речь идет о гидротехническом строительстве в пределах бассейна, уже затронутого строительством ГЭС. В связи с этим, в литературе встречаются следующие рекомендации: не осваивать новые притоки, строить ГЭС на тех же притоках, оставить без ГЭС как можно больше притоков ниже по течению и главное русло и т.п. Далее рассматривается данная проблема на примере бассейна р. Амур.

В качестве базового для анализа выбран сценарий с 2-мя российскими ГЭС: Зейской (№56) и Бурейской (№98). В 11-ти сценариях показаны результаты застройки освоенных и неосвоенных подбассейнов и распределение в бассейне дополнительной выработки 6-8 млрд. кВтч/год (равной Бурейской ГЭС).

На рисунке 6 сценарий 37 представляет воздействие Зейской и Бурейской ГЭС, сценарии 38 и 40 - разные варианты каскадного освоения верхней и средней Зеи и Буреи. Сценарий 44 предполагает строительство контррегуляторов Зейской и Бурейской ГЭС и освоение нового притока Зеи - р.Селемджа и отличается большим на 10% воздействием, так как блокирует ранее незатронутый подбассейн.

Во всех случаях наименьшим воздействием на бассейн отличаются сценарии с каскадным размещением ГЭС вокруг уже существующих. Это связано с меньшими дополнительными приращениями заблокированного бассейна, меньшим изменением режима наносов, а также тем, что бассейн не дробится на равномерные крупные куски, но от него отрезаются мелкие сегменты на одном единственном участке. Дополнительный плюс - более эффективная выработка энергии на «русловых» станциях, работающих на стоке, уже зарегулированном другими ГЭС выше по течению.

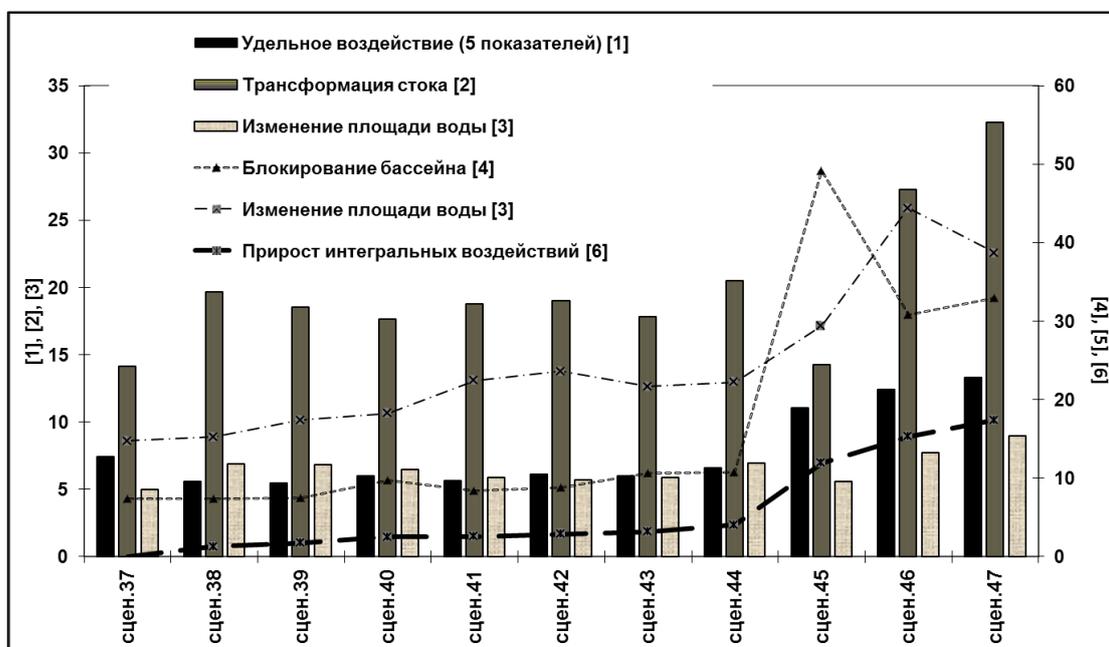


Рис. 6: Сценарии «добавлений» к существующим Зейской и Бурейской ГЭС с выработкой 18 - 20 млрд. кВтч/год

То есть локальная экологическая катастрофа, причиняемая каскадом ГЭС, сочетается с меньшим суммарным воздействием на бассейн в целом. Наиболее показателен каскад из 5-ти ГЭС на Буре. В соответствии с нашими расчетами, его суммарное воздействие на бассейн Амура меньше, чем воздействие Зейской ГЭС, но от экосистемы реки Бурей останется цепочка водохранилищ. Малое дополнительное воздействие объясняется еще и тем, что уже сегодня Бурейская ГЭС блокирует 92% бассейна Буреи. Таким образом, пока не обоснованы нормы допустимого воздействия и нагрузки на отдельные притоки, каскады ГЭС являются важнейшим инструментом снижения экологических воздействий при равной выработке.

В тоже время, существуют и другие каскады, где строительство всего одной дополнительной русловой Хинганской ГЭС (сценарий 45) на главном русле Амура (т.е. на частично регулируемом стоке от существующих ГЭС) приведет к резкому росту как абсолютных, так и удельных воздействий. Это связано с тем, что в данном каскаде велик прирост блокируемой площади, вторичной фрагментации и нарушений в режиме наносов.

Наибольшим воздействием отличаются сценарии, где ГЭС равномерно распределены по разным подбассейнам. Решающим фактором роста воздействия является блокирование и фрагментация речного бассейна (т.е. прирост блокированной площади и дробление бассейна на крупные куски). Например, сценарий 47 спроектирован как максимум воздействий от ГЭС в известных створах в бассейне. К сожалению, сценарий 46, отражающий воздействие 14-ти ныне существующих плотин, очень близок к нему по рассчитанным показателям.

### **Поиски путей гармоничного развития энергетики; Снижение удельного интегрального воздействия и оптимизация освоения гидроэнергопотенциала**

Создание каскадов - лишь один из частных случаев «оптимизации» размещения ГЭС в речной системе. Среди выявленных сценариев с

наименьшим воздействием только в половине случаев основу составляли каскады на Зее и Бурее. Остальные сценарии компоновались из небольших ГЭС на иных притоках с минимальным размером блокированного бассейна. Так, сценарий 42 использует восемь «наименее экологически безопасных» по интегральным удельным показателям ГЭС, и его воздействие вполне сравнимо с лучшими образцами «каскадного размещения ГЭС». Результат можно улучшить, если совместить два подхода и использовать только комбинацию каскадов на основе ГЭС со слабым экологическим воздействием (сценарии 43 и 41). Ярким примером служит сценарий 39, который оптимально сочетает «каскадность» и наименьшее воздействие ГЭС.

По нашим расчётам, правила оптимизации дальнейшего строительства ГЭС в освоенных бассейнах должны включать:

- минимизацию приращения блокируемой плотинами площади бассейна;
- отбор в сценарий ГЭС с наименьшим удельным и интегральным воздействием.

Кроме того, важно отслеживать и специально рассматривать сценарии с максимальными значениями отдельных показателей воздействия (например, Хинганская ГЭС), так как осмысленное нормирование воздействий возможно только по отдельным показателям, имеющим четкий экологический смысл, а не по их среднему геометрическому. Наиболее яркими примерами являются русловые ГЭС (Хинганская и др.) с водохранилищами без регулирующей емкости, для которых подсчет среднего геометрического не имеет смысла.

Разные сочетания ГЭС с одинаковой производительностью могут существенно отличаться по суммарному геоэкологическому воздействию. Так, по нашим расчетам, для создания в Амурском бассейне новых ГЭС с одной и той же суммарной дополнительной выработкой в 7000 млн. кВтч/год размер прироста интегральных значений геоэкологического воздействия по сравнению с современной ситуацией может различаться в разных сценариях от 1,3% до 17%, т.е. в 13 раз (рис. 6), указывая на огромную разницу между экологической опасностью разных сценариев гидростроительства и соответственно на огромный потенциал оптимизации планов строительства ГЭС в бассейне.

Важнейшее дальнейшее направление исследования - разработка способов нормирования предельно допустимых воздействий как для бассейна в целом, так и для отдельных подбассейнов и типов речных экосистем. Так как речные экосистемы разнообразны, то в дальнейшем следует учесть, как воздействие распределяется по разным типам речных экосистем. Для приближенных к реальности расчетов потребуются также учет количества и риск изменений попадающих под воздействие ГЭС природоохранных ценностей (в частности, ООПТ, местообитаний редких видов, водных объектов особо важных для коренного населения).

## **Заключение**

Предлагаемая стратегическая ГО основана на картографировании и моделировании воздействий ГЭС на реке с использованием ГИС и бассейнового подхода. Бассейновый подход оптимален для решения поставленной цели, так как корректно учитывает основные совокупные влияния ГЭС и проблемы водопользования в экосистемах трансграничной реки. В ходе исследования разработаны специальные модели и методы оценки водохозяйственных ситуаций, прогнозирования динамики изменений природных ресурсов, которые позволяют сформировать оптимальную стратегию и тактику природопользования с применением ГИС технологий:

1. Разработана система оценок геоэкологических воздействий при создании гидроузлов в условиях региона. Для каждого «сценария освоения», то есть комбинации ГЭС в бассейне, определены изменения ключевых параметров воздействия на экосистемы.

2. Сделан анализ зависимости воздействий от места расположения ГЭС. Подтверждена гипотеза о больших экологических ущербах при использовании главных русел рек при гидростроительстве. Ключевым фактором, который влияет на размер экологического воздействия, является местоположение створа ГЭС в условиях природной специфики Амурского речного бассейна.

3. Предложены некоторые правила оптимизации в уже освоенных бассейнах. На «экологически приемлемых ГЭС» можно использовать только определенную небольшую часть от ГП бассейна, а далее выбор будет между «плохими» и «очень плохими» вариантами. Очевидно, что возможности оптимизации тем больше, чем меньше планируемый объем получения энергии по сравнению с общим ГП бассейна.

4. В средней долгосрочной перспективе социально-экономического развития региона, несомненно, потребуется строительство новых гидроэнергетических объектов, которое должно опираться на комплексные сравнительные оценки выгод и экологических рисков. В этом случае наши предложения будут востребованы и должны быть учтены.

5. Сумма индивидуальных оценок экологического воздействия отдельных объектов не заменяет сценарные геоэкологические оценки по бассейну в целом, которые должны быть непременной частью расчетов, для того, чтобы добиться минимального экологического ущерба от строительства новых ГЭС.

Таким образом, основным результатом выполненных исследований и разработок являются методические предложения к выполнению геоэкологических оценок воздействий при различных сценариях развития гидроэнергетического комплекса на речные экосистемы, как одного из основных элементов природно-территориального комплекса. Разработанные методические подходы рекомендуется использовать при планировании и составлении схем размещения ГЭС в крупных речных бассейнах.

## СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в научных изданиях, из списка ВАК:

- 1) Егидарев, Е. Г. Картографирование и оценка пойменных комплексов в долине реки Амур / Е. Г. Егидарев // Вестник ДВО РАН. – 2012. – № 2. – С. 9–16.
- 2) Глазырина, И. П. Экологический демпинг в планах развития Сибири и Дальнего Востока / И. П. Глазырина, И. Е. Михеев, **Е. Г. Егидарев**, Е. А. Симонов // ЭКО. – 2012. – № 10. – С. 35–51.

**Статьи по теме диссертации, опубликованные в других изданиях:**

3. Егидарев, Е. Г. Подходы к сценарной оценке совокупного воздействия гидроэлектростанций на бассейн реки. Амурский пример / Е. Г. Егидарев, Е. А. Симонов // Реки Сибири: материалы V междунар. науч.- практ. конф. – Томск : Дельтаплан, 2010. – С. 88–92.
4. Егидарев, Е. Г. Создание ресурсного (информационного) диска о бассейне реки Амур. Тематическое картографирование для создания инфраструктур пространственных данных / Е. Г. Егидарев, Е. А. Симонов // Материалы IX научной конференции по тематической картографии. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2010. – Т. 1. – С. 99–101.
5. Егидарев, Е. Г. Экспресс-анализ экологических последствий разных сценариев освоения гидроэнергетического потенциала речного бассейна (на примере средней части бассейна Амура) [Электронный ресурс] / Е. Г. Егидарев, А. С. Мартынов, Е. А. Симонов // Портал "Белая книга. Плотины и развитие", 2010. – Режим доступа: <http://solex-un.ru/dams/obzory/ekologicheskaya-otsenka-ges/ekspress-analiz-ekologicheskikh-posledstviy>.
6. Егидарев, Е.Г. Вечные вопросы гидроэнергетики: одна большая или много маленьких? / Е.Г. Егидарев, Е.А. Симонов // Реки Сибири: материалы VI международной научно практической конференции. – Красноярск : ИПК КГПУ, 2011. – С. 4–11.
7. Егидарев, Е. Г. Геоинформационное моделирование геоэкологических ситуаций в бассейне р. Амур при строительстве ГЭС / Е. Г. Егидарев, Е. А. Симонов // Использование геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования Земли при решении пространственных задач: сб. науч. тр. – Пермь : Учебный центр "Информатика", 2011. – С. 2–5.
8. Егидарев, Е. Г. Выделение пойменных комплексов на главном русле Амура и его основных притоках / Е. Г. Егидарев // Регионы нового освоения: ресурсный потенциал и инновационные пути его использования: сборник докладов. – Хабаровск : ИВЭП ДВО РАН, 2011. – С. 37–39.
9. Егидарев, Е. Г. Комплексный анализ воздействий планируемых ГЭС на экосистемы реки Амур при их каскадном (сценарном) размещении / Е. Г. Егидарев, Е. А. Симонов // Географические и геоэкологические исследования на Дальнем Востоке: сб. науч. тр. молодых ученых. Вып. 7-8. – Владивосток : Дальнаука, 2011. – С. 223–230.
10. Егидарев, Е.Г. Анализ воздействий различных схем освоения гидроэнергетического строительства в бассейне реки / Е.Г. Егидарев, Е.А. Симонов // XI международная научно практическая конференция «Кулагинские чтения». – Чита : ЗабГУ, 2011. – Ч. IV. – С. 63–66.
11. Глазырина, И.П. Еще раз о Шилкинской ГЭС: Речь идет не только о ценах, но и о ценностях / И.П. Глазырина, **Е.Г. Егидарев**, И.Е. Михеев, Е.А. Симонов // Наш бизнес – National business. – Новосибирск : Типография «Вояж», 2012. – С. 50–53.
12. Егидарев, Е.Г. Экспресс-оценка сценариев освоения гидропотенциала в бассейне р. Амур / Е.Г. Егидарев, Е.А. Симонов // Электроэнергетическое сотрудничество Российской Федерации и Китайской Народной Республики: плюсы и минусы. Сб. статей. – Владивосток : Всемирный фонд дикой природы (WWF) России, 2012. – С. 204–217.

13. Горбатенко, Л.В. Гидротехнические сооружения в трансграничном бассейне р.Амур: современное состояние и тенденции / Л.В. Горбатенко, **Е.Г. Егидарев** // Природоохранное сотрудничество в трансграничных экологических регионах: Россия-Китай-Монголия. Материалы конференции. – Чита : Поиск, 2012. – Вып. 3. – Ч. 1. – С. 97–103.
14. Глазырина, И.П. О проблемах экологического демпинга в международном сотрудничестве // И.П. Глазырина, **Е.Г. Егидарев**, И.Е. Михеев, Е.А. Симонов // Природоохранное сотрудничество в трансграничных экологических регионах Россия-Китай-Монголия. – Чита : «Поиск», 2012. – С. 91–96.
15. Симонов, Е. А. Водохозяйственные проблемы и пути адаптации в Даурии / Е. А. Симонов, **Е. Г. Егидарев** // Проблемы адаптации к изменению климата в бассейнах рек Даурии: экологические и водохозяйственные аспекты: сборник науч. трудов Государственного природного биосферного заповедника «Даурский» / под ред. О. К. Кирилюк, Е. А. Симонова. – Чита : Экспресс-издательство, 2012. – Вып. 5. – С. 88–154.
16. Ермошин, В.В. Геоинформационное картографирование природных комплексов дальнего востока России / В.В. Ермошин, К.С. Ганзей, Н.В. Мишина, **Е.Г. Егидарев** // Ойкумена. Регионоведческие исследования, 2012. –№ 3. – С. 152–161.
17. Егидарев, Е.Г. Развитие гидроэнергетического строительства в бассейне реки Амур // Исторические и географические исследования северной Пасифики: проблемы и перспективы междисциплинарного синтеза: Материалы конференции. – Владивосток : Дальнаука, 2013. – С. 63–66.
18. Симонов, Е.А. Комплексная эколого-экономическая оценка развития гидроэнергетики Амурского бассейна / Е.А. Симонов, **Е.Г. Егидарев**, О.И. Никитина, А.С. Книжников, А. С. Зенькова // Материалы VIII международной научно-практической конференции «Реки Сибири и Дальнего Востока». – Иркутск : ИРОО «Байкальская Экологическая Волна», 2013. – С. 231–233.
19. Егидарев Е.Г. Методы оценки воздействия ГЭС в масштабах бассейна // Материалы VIII международной научно-практической конференции «Реки Сибири и Дальнего Востока». – Иркутск : ИРОО «Байкальская Экологическая Волна», 2013. – С. 144–147.
20. Darman, Y. A. Integrated Amur River Basin Management: Problems and Challenges / Y. A. Darman, E. A. Simonov, **E. G. Egidarev** // Third International Symposium on Ecology and Biodiversity in Large Rivers of Northeast Asia and North America. September 20-24, 2010. – Memphis, Tennessee : 2010. – P. 17–18.
21. Simonov, E.A. Adaptation to climate change in the river basins of Dauria: ecology and water management / E.A. Simonov, O. Goroshko, **E.G. Egidarev**, O.K. Kiriliuk, V. Kiriliuk, N. Kochneva, V. Obyazov, T. Tkachuk. – Beijing : People's daily press, 2013. – 104p.

---

Подписано к печати 15.11.2013. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Гарнитура Times. Усл. п. л. 1,0. Тираж. 100 экз. Заказ № 18.11/04.  
Отпечатано в копировальном центре Ricoh, ИП «Дунчевская Г.В.»  
690091, г. Владивосток, ул. Фокина, 31