

**Горбатенко Лариса Вячеславовна**

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ТРАНСГРАНИЧНОМ  
БАССЕЙНЕ РЕКИ АМУР**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Владивосток  
2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Тихоокеанском институте географии Дальневосточного отделения Российской академии наук

Научный руководитель: **Говорушко Сергей Михайлович**  
доктор географических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Бортин Николай Николаевич**  
доктор географических наук,  
Дальневосточный филиал Федерального государственного  
бюджетного учреждения Российской научно-исследовательский  
институт водного хозяйства (ДальНИИВХ), директор

**Шестеркин Владимир Павлович**  
кандидат географических наук,  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт водных и экологических проблем Дальневосточного  
отделения РАН, и.о. заведующего лабораторией гидроэкологии и  
биогеохимии

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения  
Российской академии наук

Защита диссертации состоится 15 ноября 2018 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 005.016.02 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Тихоокеанском институте географии Дальневосточного отделения Российской академии наук по адресу: г. Владивосток, ул. Радио д. 7.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ТИГ ДВО РАН и на сайте <http://www.tigdvo.ru>

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью организации, просьба присылать по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Радио д. 7, ученому секретарю диссертационного совета, e-mail: [dissovettig@yandex.ru](mailto:dissovettig@yandex.ru), факс: 8(423)231-21-59

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
к.г.н.

Ткаченко Григорий Геннадьевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** Водопользование является источником воздействия на водные ресурсы, в процессе использования воды, в частности, происходит сброс использованных сточных вод в водотоки, что приводит к их загрязнению. Водотоки, в свою очередь, являются источниками водоснабжения населения и производственных отраслей, местами обитания различных организмов и т.д. Поэтому изучение использования вод является важной задачей, особенно для трансграничных речных бассейнов, т.к. их целостность как природных объектов обуславливает взаимосвязанность экологических проблем и, кроме того, трансграничные воды могут быть предметом конкуренции стран-соседей.

Река Амур является одной из крупных рек Азиатской России с незарегулированным главным руслом. На российской части бассейна проживает немногим более 5 млн человек, для Дальнего Востока это наиболее освоенная часть территории, где сосредоточена основная экономическая деятельность – доля производимого ВРП составляет 56 % от общего по региону. Значительная часть населения и хозяйства обеспечивается водой из поверхностных водоисточников: по данным за 2015 г. в Забайкальском крае объем забора пресной поверхностной воды составлял 58 % от общего забора, в Амурской области 33 %, в ЕАО 4,5 %, в Хабаровском крае 71 %, в Приморском – 60 %, при этом структура забора воды по источникам является стабильной на протяжении многих лет. Поэтому большое значение имеет качественное состояние используемой воды, которое в большой степени зависит от особенностей водопользования, в первую очередь, от объемов сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод.

На территории бассейна находятся уникальные природные комплексы, в т.ч. водно-болотные угодья, охраняемые Рамсарской конвенцией, которые являются местами обитания реликтовых видов животных и растений. Бассейн р. Амур входит в перечень экосистем Global 200, по мнению Всемирного фонда дикой природы наиболее важных для ее сохранения.

Для бассейна р. Амур характерно большое разнообразие ихтиофауны – в пресноводных экосистемах обитает более ста видов рыб, относящихся к различным фаунистическим ихтиокомплексам. Состояние водных речных экосистем, в т.ч. рыбных запасов, также зависит от качества вод бассейна.

Бассейн р. Амур и все хозяйственные процессы на его территории имеют трансграничную специфику, поэтому без изучения водопользования на китайской части бассейна невозможно в полной мере оценить механизм формирования качественного состояния вод.

От стока растворенных веществ в воде р. Амур зависит биологическая продуктивность морских экосистем Охотского моря и качество его вод. При имеющемся характере течений в Амурском лимане, проливе Невельского и северной части Татарского пролива и, соответственно, характере водообмена лимана с прилегающими акваториями имеет место потенциальная угроза поступления загрязняющих веществ, в т.ч. токсических, в воды Охотского и Японского морей.

Вместе с тем процесс водопользования, являющегося фактором воздействия на водотоки трансграничного бассейна Амура, недостаточно изучен. Для отдельных субъектов Дальнего Востока по состоянию на 1985 г. было ранее проанализировано водопотребление и оценен загрязняющий эффект деятельности хозяйственных объектов на природные воды. Существуют отдельные исследования по динамике водопотребления в РФ в разрезе федеральных округов, Дальневосточного федерального округа в целом, субъектов административного деления территории юга Дальнего Востока. В Схеме комплексного использования и охраны водных

объектов бассейна р. Амур (СКИОВО), утвержденной в 2014 г., приведены показатели водопользования, зафиксированные на момент начала работ над Схемой (2008–2010 гг.), но не проанализирована их многолетняя динамика. Детальных российских работ по оценке структуры и динамики водопользования на китайской части бассейна в настоящее время не существует. Не изучена и долговременная динамика качества вод в бассейне.

Таким образом, актуальность изучения водопользования в трансграничном бассейне Амура обусловлена ролью водного фактора в жизнедеятельности населения и функционировании хозяйства, его влиянием на биоразнообразие водных, водно-болотных и прибрежно-морских экосистем, а также особенностью строения бассейна и расположением государственной границы, определяющей влияние китайских притоков реки на состояние трансграничных вод, а также вод на российской части бассейна.

**Объектом** исследования является трансграничный бассейн р. Амур, включающий территорию четырех государств. **Предметом** исследования является водопользование в трансграничном бассейне р. Амур.

**Цель исследования** заключается в оценке пространственной структуры и динамики водопользования по отдельным показателям и его влияния на качественное состояние водотоков бассейна.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

проанализировать существующие подходы к изучению трансграничных речных бассейнов;  
дать обзор природных условий водопользования – водных ресурсов и водообеспеченности отдельных участков территории бассейна;

дать оценку социально-экономических факторов, формирующих отдельные характеристики водопользования на территории трансграничного бассейна, оценить их динамику и степень влияния на водопользование;

оценить особенности водопользования на китайской и российской частях бассейна, их количественные показатели и динамику, структуру использования воды, водохозяйственную инфраструктуру;

оценить возможности статистического метода прогноза водопотребления для трансграничного бассейна;

проанализировать пространственно-временную структуру и динамику воздействия точечных сбросов загрязняющих веществ в составе сточных вод на водотоки российской части бассейна;

оценить качество трансграничных вод бассейна.

**Теоретические и методологические основы исследования.** Исследование основано на положениях системного подхода к анализу различных географических объектов и процессов, изложенного в работах В.Б. Сочавы, П.Я. Бакланова, Ю.М. Семенова, А.Г. Исаченко, И.Н. Гарцмана, заключающегося (применительно к объекту исследования) в рассмотрении его как целостного и характеризующегося взаимосвязями между трансграничными элементами, а применительно к предмету исследования - водопользованию - как системного поэтапного процесса вместе с факторами, его обуславливающими, и последствиями, которые оно вызывает. В процессе исследования использованы положения бассейнового подхода к природопользованию и водопользованию, сформулированные Л.М. Корытным. Используются теоретические представления о природопользовании, условиях, причинах возникновения и факторах возникновения проблем, связанных с нерациональностью использования определенных видов

ресурсов, в т.ч. водных, изложенные в работах Т.Г. Руновой с соавторами. Исследование опирается на подходы к изучению использования водных ресурсов, их качества, антропогенной нагрузки на речные бассейны, водохозяйственных систем, представленные в работах И.А. Шикломанова, Г.В. Воропаева, В.И. Данилова-Данильяна, Е.В. Венецианова, Н.И. Коронкевича, Г.М. Черногаевой, Д.Я. Ратковича, И.С. Зайцевой, А.П. Демина. Также исследование основано на теоретико-методологических принципах изучения трансграничных территорий/геосистем, изложенных в работах П.Я. Бакланова, С.С. Ганзея, Ю.И. Винокурова, Б.А. Краснояровой.

**Использованные методы.** В процессе исследования использовались общенаучные и общегеографические методы исследований: сравнительно-географического анализа, исторический, картографический, статистический..

В качестве **исходных материалов** для исследования использованы данные Амурского бассейнового водного управления (АБВУ) Федерального агентства водных ресурсов РФ, территориального отдела водных ресурсов по Приморскому краю АБВУ, Федеральной службы государственной статистики РФ, гидрологических ежегодников КНР по речному стоку с китайской части бассейна из архива ИВЭП ДВО РАН, ВНИГМИ МЦД, Водного кадастра СССР, Водного реестра РФ, Национального центра климатических данных Управления океанических и атмосферных исследований Министерства торговли США, данные Бюро статистики КНР, Министерства окружающей среды КНР, Бассейнового водного управления рек Сунгари и Ляохэ КНР, материалы краевого государственного архива Хабаровского края, картографические материалы.

**Предметом защиты** являются **результаты** сравнительного анализа показателей водопользования трансграничного бассейна р. Амур; оценки возможностей статистического метода прогноза водопотребления для трансграничного бассейна и результаты его тестирования на независимых данных; оценки пространственной дифференциации и динамики негативного воздействия на водотоки точечных источников загрязнения; оценки качества трансграничных вод.

Результаты анализа собранной детальной информации о показателях водопользования в разрезе административных единиц РФ и КНР (краев, областей, провинций, автономного района), антропогенном воздействии на водотоки трансграничного бассейна, содержащиеся в диссертационном исследовании, обладают **научной новизной**.

Впервые использованы элементы бассейнового подхода для детального изучения водопользования в трансграничном бассейне р. Амур. В частности, впервые:

выделены социально-экономические показатели, в т.ч. водоемкие отрасли хозяйства, оказывающие влияние на динамику водопотребления трансграничного бассейна Амура и количественно оценена степень этого влияния;

выполнена сравнительная оценка водопользования в трансграничных частях бассейна;

предложен общий для всего бассейна статистический метод прогноза водопотребления на основе данных о водоемких отраслях хозяйства;

выполнен анализ территориальной структуры и динамики антропогенной нагрузки на водотоки бассейна от точечных источников на российской части бассейна;

проведена количественная оценка влияния р. Сунгари на динамику качества вод главного русла Амура у г. Хабаровск.

Основные результаты исследования были получены в рамках выполнения работ по проектам: ОНЗ ДВО 12-И-0-ОНЗ-18 «Водные ресурсы и водопользование в трансграничных

бассейнах юга Дальнего Востока» Программы фундаментальных исследований Отделения наук о земле РАН «Вода и водные ресурсы: системообразующие функции в природе и экономике» (2012-2014 гг.); интеграционному проекту ДВО РАН - СО РАН - УрО РАН № 12-П-СУ-09-015 «Трансграничные речные бассейны в азиатской части России: комплексный анализ состояния природно-антропогенной среды и перспективы межрегиональных взаимодействий»; проекта ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» «Решение проблемы оптимизации прибрежного природопользования в условиях природной и антропогенной трансформации береговых комплексов юга Тихоокеанской России и Вьетнама» (уникальный идентификатор проекта RFMEFI61316X0060).

**Практическое значение** выполненной работы заключается в возможности использования полученных результатов: для оценки общей экологической ситуации в регионе, при выработке российской региональной политики водопользования и природопользования в целом, для работы комиссий, созданных в рамках российско-китайского Соглашения о рациональном использовании и охране трансграничных вод и оценки их результатов, а также для выработки дальнейшей политики сотрудничества РФ и КНР в бассейне Амура. Результаты могут быть использованы при подготовке трансграничного диагностического анализа (ТДА) для характеристики бассейна и мониторинга его проблем, связанных с водопользованием, при разработке Схемы комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) бассейна Амура на очередной период.

**Обоснованность и достоверность** исследования обусловлены использованием в качестве исходных данных официальных государственных материалов соответствующих ведомств, научной литературы отечественных и зарубежных авторов; а также корректным применением методов теоретических и эмпирических исследований, традиционно используемых в географических исследованиях.

**Личный вклад автора.** Цели и задачи исследования сформулированы лично автором. Все выводы сформулированы автором на основании проведенных оценок состояния водопользования в трансграничном бассейне р. Амур.

**Апробация работы.** Основные результаты исследования докладывались автором на следующих конференциях: Научно-практической конференции «Географические факторы регионального развития Азиатской России», Владивосток, 18-19 апреля 2013 г.; Всероссийской конференции «Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях глобального изменения климата», Хабаровск, 29 сентября-3 октября 2014 г.; Международном экологическом Форуме «Природа без границ», 24-25 октября 2014 г.; Всероссийской научно-практической конференции «Структурные трансформации в геосистемах Северо-Восточной Азии». Владивосток, 23-25 апреля 2015 г.; Всероссийской научной конференции «Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.». Петрозаводск, 6-11 июля 2015 г.; XV Совещании географов Сибири и Дальнего Востока. г. Улан\_Удэ, 10-13 сентября 2015 г.; Научно-практической конференции «Геосистемы в Северо-Восточной Азии: территориальная организация и динамика». Владивосток, 20-21 апреля 2017 г.; Всероссийской научной конференции с международным участием «Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения», посвященной Году экологии в России и 50-летию Института водных проблем РАН. г. Сочи. 2 - 7 октября 2017 г.; the I International Conference «Resources, Environment and Regional Sustainable Development in Northeast Asia». Changchun, 10 - 15 June, 2014; the III

International Conference «Resources, Environment and Regional Sustainable Development in Northeast Asia». Vladivostok, October 10-14, 2016).

**Соответствие паспорту научной специальности.** Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 25.00.36 Геоэкология в пунктах: 1.10. Разработка научных основ рационального использования и охраны водных, воздушных, земельных, рекреационных, минеральных и энергетических ресурсов Земли, санация и рекультивация земель, ресурсосбережение. 1.11. Геоэкологические аспекты функционирования природно-технических систем. Оптимизация взаимодействия (коэволюция) природной и техногенной подсистем. 1.17. Геоэкологическая оценка территорий. Современные методы геоэкологического картирования, информационные системы в геоэкологии. Разработка научных основ государственной экологической экспертизы и контроля.

По теме исследования опубликовано 23 работы, из них 4 из перечня ВАК.

**Объем и структура работы.** Диссертационное исследование состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем работы составляет 176 с., она содержит 62 рисунка, 33 таблицы, список литературы из 281 наименования.

Во введении обоснована актуальность изучения водопользования в трансграничном бассейне р. Амур, изложены теоретические положения и методы, на которые опирается исследование, его цель и задачи, новизна и практическое значение полученных результатов.

В первой главе излагаются общие методические подходы к исследованию, теоретические основы изучения трансграничных речных бассейнов, дается общая характеристика трансграничного бассейна р. Амур, экологических проблем на его территории.

Во второй главе кратко описаны водные ресурсы трансграничных частей бассейна и факторы водопользования, под которыми понимаются водоемкие отрасли хозяйства и численность населения.

В третьей главе дается сравнительный анализ показателей водопользования на российской и китайской частях территории бассейна.

В четвертой главе изложен метод прогноза водопотребления, общий для российской и китайской частей бассейна, основанный на применении множественной линейной регрессии.

В пятой главе дается пространственная характеристика антропогенной нагрузки на водные объекты территории российской части бассейна от точечных источников сброса сточных вод, оценивается ее динамика; анализируется динамика качества трансграничных вод бассейна за период 2005-15 гг. и влияние качества вод р. Сунгари на динамику качества вод Амура у г. Хабаровск.

**Благодарности.** Автор выражает большую благодарность и признательность руководителю Амурского бассейнового водного управления Макарову А.В и его заместителю Айраксинен Е.Ю. за предоставленные данные, сотрудникам ТИГ ДВО РАН, чьи советы были незаменимы при подготовке работы, сотрудникам ИВЭП ДВО РАН, чьи критические замечания помогли при проведении исследования, а также научному руководителю, Говорушко С.М.

## ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**Существуют огромные диспропорции и разнонаправленная динамика показателей водопользования и водохозяйственной инфраструктуры на российской и китайской частях бассейна р. Амур, выявленные с помощью определенного набора показателей. Они**

**обусловлены различиями в численности населения и объемах выпускаемой водоемкой продукции, рассматриваемых как факторы водопользования.**

Численность населения на российской части бассейна достигала максимума в 1990 г., после чего плавно снижалась и в настоящее время не превышает 5,3 млн чел., на китайской же части население непрерывно растет и составляет около 90 млн чел., с 1990-х гг. темпы этого роста замедлились.

К водоемким отраслям хозяйства на российской части относятся электроэнергетика, производство стали, рисосеяние; на китайской – электроэнергетика, нефтехимия, производство стали, целлюлозы, текстиля, рисосеяние и др. На китайской части бассейна производство стали превышает российское почти в 80 раз, электроэнергии – более чем в 10 раз. Имеются диспропорция в количестве посевных площадей под рисом, наиболее водоемкой сельскохозяйственной культурой, – они различаются более чем в 10 раз.

Как на российской, так и на китайской частях бассейна забор воды осуществляется преимущественно из поверхностных водоисточников, но его доля в РФ в разных административных субъектах составляет от 5 до 88 % от общего водозабора, а в КНР – от 51 до 66 %.

На российской части бассейна общий объем водопотребления (ВП) за период 1985 - 2015 гг. снизился почти в 2 раза – с 2,53 км<sup>3</sup> до 1,27 км<sup>3</sup>. Определенная стабилизация водопотребления на уровне 1,3–1,5 км<sup>3</sup> в год наблюдается с 2005 г. Практически до нуля в период 2000–2005 гг. снижалось сельскохозяйственное водопотребление из-за резкого сокращения производства риса в Приморском крае.

За 1985 – 2015 гг. структура водопотребления по видам нужд изменялась незначительно, при этом доля производственных нужд в общем водопотреблении всегда превышала 50%, наиболее значительно – в 1980 и 2000-05 гг. – 61 и 68-65 %. Доля водопотребления на хозяйственно-бытовые и питьевые нужды составляет 27-30%, сельскохозяйственные 15-18%. В структуре использования свежей воды по видам экономической деятельности в настоящее время преобладает производство и распределение э/энергии, газа и воды.

В среднем 70 % от забранной и 83 % использованной воды сбрасывается в водотоки. Объемы сброса сточных вод в течение 35 лет снизились, их общий объем – в 1,7 раза, при этом увеличилось оборотно-повторное водопотребление как в целом по бассейну, так и по отдельным субъектам РФ, превысив уровень 1985 г. С 1985 по 2015 г. коэффициент использования оборотной воды в общем объеме водопотребления с 0,65 увеличился до 0,82. С 2000 г. снижаются как абсолютные значения потерь воды при транспортировке, так и их доля от общего объема забора воды, однако, они превышают уровень 1985 г. Сброс загрязненных сточных вод сопоставим с мощностью очистных сооружений.

На китайской части бассейна общее водопотребление только за период 2004-2015 гг. выросло с 53 до 67,5 км<sup>3</sup> в целом по бассейну. Это увеличение произошло, в основном, за счет сельского хозяйства, в наибольшей степени в провинции Хэйлуунцзян – с 18,6 в 2004 г. до 31,6 км<sup>3</sup> в 2015 г. В структуре водопотребления преобладают сельскохозяйственные нужды, на которые в среднем за последние 10 лет в разных административных субъектах расходуется от 66 до 77 % используемой воды. Коэффициент использования оборотной воды не превышает 0,3. Учитываемый сброс сточных вод (от промышленности и коммунального хозяйства) по административным субъектам на китайской части с 2010 по 2015 гг. изменился с 3,3 до 3,8 км<sup>3</sup>.

В бассейне р. Сунгари, основном китайском притоке Амура, только с 1980 по 2010 гг. общее ВП увеличилось почти в 3 раза - с 17,1 до 45,7 км<sup>3</sup>. Его структура характеризуется относительной стабильностью - с 1980 по 2010 гг. доля сельского хозяйства изменялась в пределах 68-75%, промышленности 18-23%, коммунального хозяйства – 6-8%.

Интенсивное использование водных ресурсов на китайской части бассейна требует многолетнего регулирования стока, т.е. строительства водохранилищ, их количество постоянно увеличивается. В 1993 г. оно составляло 2339, в 2015 г. – 3376. Действуют несколько каналов внутрибассейновой переброски речного стока и запланированы к осуществлению несколько проектов по межбассейновой его переброске. Кроме того, действует огромная сеть оросительных каналов, непосредственно отбирающих воду из рр. Сунгача, Уссури и др.

Таким образом, из-за диспропорций экономического развития на китайской части бассейна нагрузка на водные объекты значительно выше, чем на российской: водопотребление - более чем в 50 раз, при сопоставимой мощности очистных сооружений объемы сброса загрязняющих веществ, например азота аммонийного, нефтепродуктов и кадмия различаются в 30 раз, выше нагрузка на подземные водные ресурсы в общем балансе водопотребления. Разнонаправленна динамика водопотребления: на российской части бассейна его объемы последние 10 лет стабилизировались после снижения в 1990-х гг., на китайской – непрерывно растут. Различается и структура водопотребления. На китайской части наибольшая доля воды используется на сельскохозяйственные нужды, а на российской – на производственные. Плотность водохозяйственной инфраструктуры, например количество водохранилищ при их сопоставимой емкости, различается в 18 раз.

Сравнительная характеристика российской и китайской частей бассейна по показателям водопользования приведена в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительная характеристика показателей водопользования в бассейне р. Амур, 2015 г.

Показатель	русская часть	китайская часть
Водопотребление, км <sup>3</sup> , в т.ч.:	1,27	67,5
в т.ч. промышленное	0,740	6,58
коммунально-бытовое	0,344	3,94
сельскохозяйственное	0,15	54,3
Коэффициент использования оборотной воды	0,8	0,1 0,3 план к 2020 г.
Водоотведение, км <sup>3</sup>	1,05 общее	3,86
в т.ч. загрязненных ст. вод	0,688	н.д.
Мощность очистных сооружений, млн м <sup>3</sup> /год	785	1171
Сброс ЗВ, тонн: азот аммонийный	3819	81 300
нефтепродукты	91,4	1 710
кадмий	0,31	1,66
Количество водохранилищ	172	3076
Емкость водохранилищ., км <sup>3</sup>	89,7 (полная)	69,65
Коэффициент использования воды при орошении	0,8 нормативный	0,45

**Получены достоверные статистические модели для прогноза общего водопотребления для российской части бассейна и водопотребления на нужды сельского хозяйства для китайской части. Модели основаны на применении метода множественной линейной регрессии с использованием в качестве предикторов показателей численности населения и объемов производства водоемкой продукции.**

Для территории бассейна р. Амур в целом достаточно синхронна динамика водопотребления и следующих показателей: численности населения, объемов производства электроэнергии, стали, целлюлозы (на момент существования отрасли), в сельском хозяйстве – посевных площадей риса, т.е. между ними существует тесная зависимость. Наличие подобной зависимости, объясняемой физическим участием воды в различных процессах жизнедеятельности населения и хозяйства, дает возможность прогноза водопотребления как в целом по бассейну, так и на уровне административных субъектов, в него входящих. Предлагаемый метод прогноза, общий для российской и китайской частей бассейна, основан на использовании полинома первой степени (множественная линейная регрессия):

$$y = \sum b_i * x_i + b_0,$$

где  $y$  – значение отклика, или зависимого признака,  $x_i$  – переменные, обозначаемые как факторы (независимые признаки, предикторы),  $b_i$  и  $b_0$  – параметры или коэффициенты регрессии.

Применительно к расчету прогнозной модели (уравнения регрессии) задача состояла в отборе качественных и наиболее информативных факторов (предикторов) с учетом их мультиколлинеарности (взаимосвязанности). Построение моделей для каждого из административных субъектов РФ и КНР проводилось в следующей последовательности: расчет корреляционной матрицы с учетом всех анализируемых факторов, проверка на мультиколлинеарность и отбор независимых факторов, расчет уравнения регрессии (модели) с учетом всех возможных комбинаций отобранных признаков, выбор модели с статистически достоверными коэффициентами, проверка выбранных моделей на независимых данных и сравнение результатов.

Для российской части в качестве факторов использованы следующие показатели: объемы производства электроэнергии – Э, млрд кВт\*час; объемы производства стали – С, тыс. т; посевные площади риса – Р, тыс. га; численность населения – Н, тыс. чел. В расчетах использованы данные за временные периоды 1992 - 2010 гг. или 2000 - 2010 гг. по Забайкальскому, Хабаровскому и Приморскому краям, Амурской и Еврейской автономной областям, используемые временные ряды данных не содержат «отклоняющихся» значений, являются однородными, а анализируемые выборочные зависимости оцениваются как линейные.

Для китайской части бассейна для двух провинций КНР, входящих в бассейн р. Амур, рассчитан прогноз водопотребления на сельскохозяйственные нужды. В качестве факторов использованы показатели: площади орошаемых земель ( $O_p$ , тыс. га), посевные площади риса ( $P$ , тыс. га), пшеницы ( $П$ , тыс. га), кукурузы ( $K$ , тыс. га), сои ( $C$ , тыс. га), овощей ( $O_v$ , тыс. га), поголовье сельскохозяйственных животных ( $Ж_{сх}$ , тыс. голов) за 2004-13 гг., длина выборок составляет 10 лет.

Полученные модели проверены на независимых данных, для российской части это, как правило, 2011-15 гг., при этом объем независимой выборки составляет не менее 30 % от расчетной. Для китайской части расчетным является период 2004-2013 гг., проверка модели проводилась на данных за 2014 и 2015 гг. Используемые временные ряды данных не содержат

«отклоняющихся» значений, являются однородными, а анализируемые выборочные графические зависимости оцениваются как линейные.

**Российская часть.** Из всех рассчитанных с учетом взаимосвязанности факторов уравнений регрессии отобраны следующие качественные модели со статистически достоверными коэффициентами и удовлетворяющие F-критерию (Фишера) (табл. 2).

Таблица 2. Расчетные уравнения регрессии (модели прогноза)

№	Уравнения регрессии	Расчетный период, гг.	Коэффициент детерминации	Значение F-критерия*
Приморский край				
1	$ВП = 11,09*P + 0,00107*N - 1712,5$	1992-2004	0,99	319
Хабаровский край				
1	$ВП = 1,03*N + 29,1*Э - 1262,6$	1992-2010	0,96	120
Амурская область				
2	$ВП = 0,178*N - 1,92*Э - 37,9$	2000-2010	0,97	123
3	$ВП = 139 - 4,302*Э$	2000-2010	0,90	80
Забайкальский край				
1	$ВП = 3,78*N - 3922,6$	2000-2010	0,95	244
2.	$ВП = 3,84*N + 6,22*Э - 4033$	2000-2010	0,94	63
ЕАО				
1	$ВП = 61,25 - 0,2134*N$	2000-2010	0,46	9

\* - отношение факторной дисперсии к остаточной (критерий Фишера)

Полученные модели показывают, например, что в Приморском крае при условии неизменности остальных факторов, прирост посевных площадей риса на 1 тыс. га увеличит водопотребление на 11 млн м<sup>3</sup> в год, что соответствует оросительным нормам, применяемым в рисосеянии края. В Хабаровском крае на каждый произведенный в будущем 1 млрд кВт\*час электроэнергии водопотребление увеличится на 29 млн м<sup>3</sup> в год и т.д.

Для оценки точности прогноза по независимым данным использован показатель средней абсолютной ошибки, рассчитываемой как средняя за проверочный период разность между фактическим и спрогнозированным значениями объемов водопотребления, нормированная к значению фактической величины в %. Для Амурской области, Хабаровского и Приморского краев ошибка составляет 4 – 5 %, для Забайкальского края и ЕАО она выше - 12,5 и 17 % соответственно, что, возможно, объясняется меньшей теснотой связи «фактор-отклик» и/или наличием неучтенных моделями факторов. Для Амурской области и ЕАО ошибка за весь проверочный период отрицательная, т.е. полученные модели занижают фактическую величину водопотребления в среднем на 5 и 17 % соответственно. Для Забайкальского края добавление к модели, построенной с использованием показателя численности населения, независимого признака – производства электроэнергии – практически не улучшило модель, ее точность не увеличилась.

**Китайская часть. Хэйлунцзян.** В результате анализа всех полученных функций отклика отобраны модели со статистически достоверными оценками параметров (табл. 3). Остальные функции отклика при уровне значимости 0,05 имеют статистически незначимые параметры, а добавление слабых факторов в ту или иную модель не улучшает ее.

Таблица 3. Расчетные уравнения регрессии (модели прогноза) для провинции Хэйлунцзян

№	Уравнения регрессии	Коэффициент детерминации	Значение F-критерия	Средняя абсолютная ошибка прогноза, %
1	$ВП_{сх} = 0,00397 * O_p + 9,51$	0,97	203,6	2
2	$ВП_{сх} = 0,0067 * P + 7,36$	0,88	60,7	9
3	$ВП_{сх} = 0,00612 * P - 0,0227 * П + 14,3$	0,95	62,5	3
4	$ВП_{сх} = 0,004816 * P - 0,0025 * C + 21,1$	0,96	78,3	4
5	$ВП_{сх} = 0,00324 * K + 11,3$	0,88	60,6	6

Параметры полученных моделей показывают, что увеличение орошаемых земель (общей площади, без учета структуры посевных площадей) на 1 тыс. га может увеличить с/х водопотребление на 4 млн м<sup>3</sup> в год; посевных площадей под рисом на 1 тыс. га - на 5-6 млн м<sup>3</sup> при условии неизменности площадей под другими культурами; под кукурузой - на 2-3 млн м<sup>3</sup> в год. Эти данные хорошо согласуются со средними удельными объемами воды, использованной на орошение в бассейнах рек Сунгари и Ляохэ за 2007-13 гг., составляющими 6774 тыс. м<sup>3</sup> на 1 га.

**Цзилинь.** Статистически достоверные модели для расчета  $ВП_{сх}$  на территории провинции представлены в табл. 4.

Таблица 4. Расчетные уравнения регрессии (модели прогноза) для провинции Цзилинь

№	Уравнения регрессии	Коэффициент детерминации	Значение F-критерия	Средняя ошибка прогноза, %
1	$ВП_{сх} = 0,0032 * K - 2,3$	0,96	84	8
2	$ВП_{сх} = 11,04 - 0,0069 * C$	0,91	215,6	2

Полученные для провинции Цзилинь модели показывают, что расширение посевных площадей под кукурузой на 1 тыс. га увеличит водопотребление на орошение на 3 млн м<sup>3</sup> в год, а также снизит водопотребления на 7 млн м<sup>3</sup> в случае увеличения доли сои в структуре посевных площадей на 1 тыс. га.

Полученные модели для прогноза водопотребления - общего для российской и сельскохозяйственного для китайской части бассейна - показывают хорошую сходимость с фактическими данными, а минимальные ошибки прогноза водопотребления на год вперед

составляют соответственно 0,6 -2 % и 2-3 %. Точность прогнозирования с использованием этого метода зависит от стабильности условий, определяющих водопользование – набора водоемких отраслей, технологий использования воды при производстве продукции, схем водоснабжения водопользователей, методов орошения и т.д. Поэтому требуется постоянный анализ тенденции, по которой осуществляется прогноз, а сами расчетные модели должны постоянно актуализироваться. На вид моделей для китайской части бассейна в будущем может оказать влияние темпы и масштабы перехода КНР на водосберегающие методы орошения.

Полученные модели являются региональными, т.е. учитывают свойства и специфику процесса использования воды на конкретной анализируемой территории. Данный метод является альтернативой прогнозу водопотребления по устаревшим укрупненным нормам водопотребления или удельным расходам воды на производство той или иной продукции, приводимым в Информационно-технических справочниках по наилучшим доступным технологиям, за счет несложности расчета и небольшого объема требуемой выборки. Он может быть использован для прогноза на различных территориальных и отраслевых уровнях: для крупных речных бассейнов/подбассейнов, субъектов административного деления (краев, областей, муниципальных образований, поселений и т.д.), различных экономических отраслей, территориально-производственных комплексов или отдельных предприятий. Метод можно также применять отдельно для прогноза водопотребления на производственные нужды или питьевые и хозяйственно-бытовые (с использованием показателя численности населения).

**На российской части бассейна р. Амур на основе использования расчетных показателей суммарных сбросов загрязняющих веществ и индексов загрязнения вод выявлены территории с наибольшим потенциальным неблагоприятным воздействием водной среды – это крупные города и отдельные районы Хабаровского края и Амурской области.**

На территории бассейна в целом наибольшее количество воды расходуется на производственные нужды, но структура водопотребления в пространственном отношении является неоднородной. В административных районах с наличием добывающих отраслей (добыча угля, золота, металлических руд), предприятий энергетической отрасли (ГЭС, ГРЭС и т.д.) в основном, преобладающим является водопотребление на производственные нужды (рис. 1).

В тех районах, где промышленное производство представлено отдельными небольшими предприятиями пищевой, строительной отраслей, преобладают хозяйственно-питьевые нужды. Отдельную группу, с преобладанием водопотребления на нужды сельского хозяйства, образуют рисосеющие районы Приморского края и ЕАО с развитым орошением, а также районы Агинско-Бурятского автономного округа.

Суммарные объемы сброса загрязняющих веществ (ЗВ) в зависимости от административного района на территории российской части бассейна р. Амур различаются в тысячи раз – от 1 и менее тонн в год до более чем тысячи тонн. Например, суммарный сброс ЗВ достигает 1,66 тыс. т в Октябрьском районе Амурской области, где расположен разрез Ерковецкий (объемы добычи угля 2 млн т в год) и 2,7 тыс. т в год в Улетовском районе Забайкальского края, где также ведется добыча угля (более 1 млн т в год) (рис. 2).

В общем объеме сброса загрязняющих веществ преобладающими являются взвешенные вещества, сульфаты и хлориды, а величины сброса металлов, в т.ч. тяжелых, незначительны. При этом именно они представляют серьезную угрозу здоровью человека и состоянию водных экосистем. Учесть влияние этих и других вредных веществ (СПАВ, нефтепродуктов, фенолов) на

природные воды - приемники сточных вод позволяет индекс загрязнения стоков (ИЗС), который является интегральным показателем, представляющим собой объем воды, требуемой для разбавления сточных вод до уровня ПДК рыбохозяйственных водоемов, и, в отличие от суммарного объема загрязняющих веществ, учитывает класс опасности загрязняющего вещества.

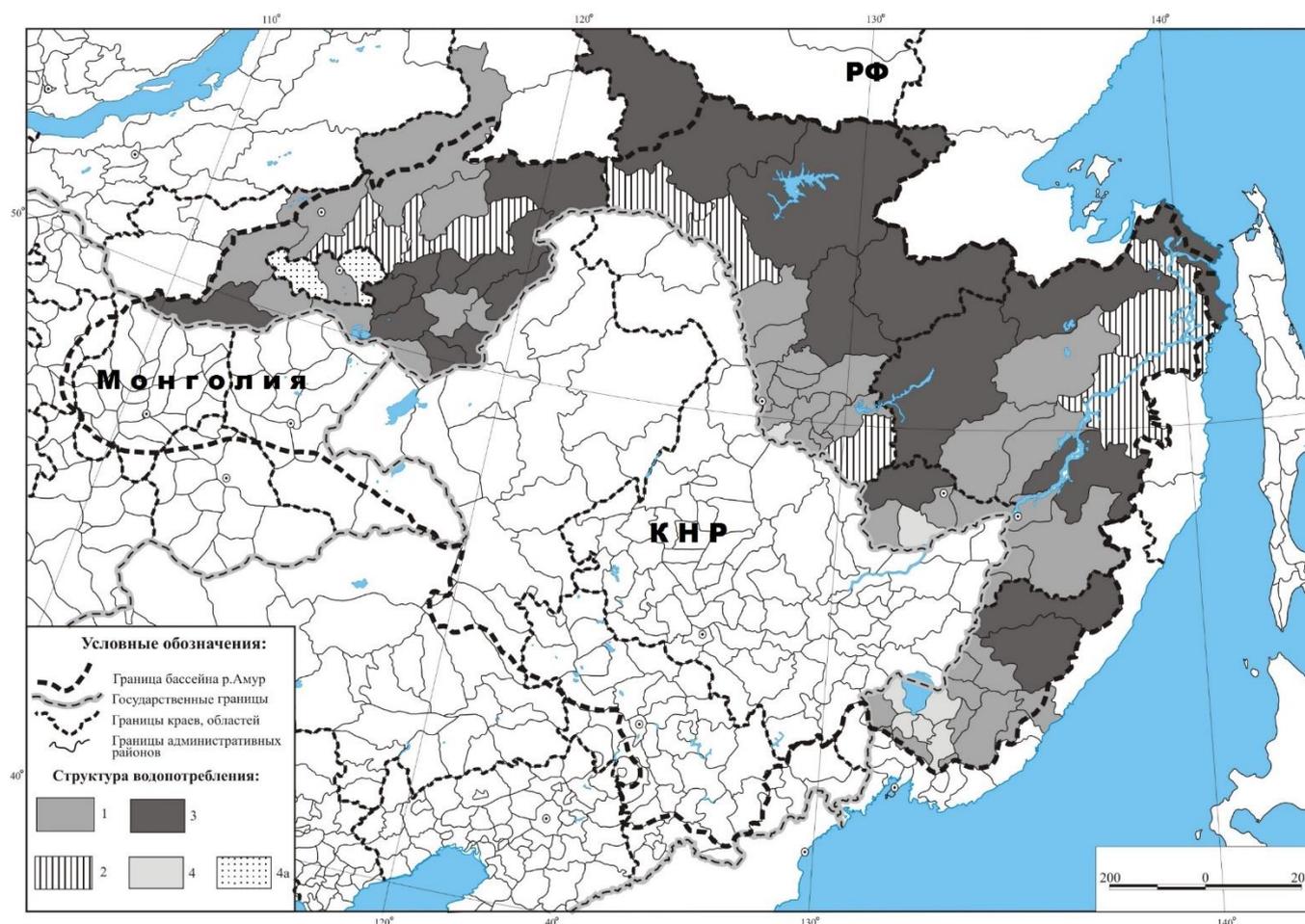


Рис. 1. Структура водопотребления в бассейне р. Амур в разрезе административных районов  
1 – преобладают хозяйственно-питьевые нужды; 2 – сочетаются в равных долях хозяйственно-питьевые и производственные нужды; 3 – преобладают производственные нужды; 4 – преобладают с/х нужды; 4а – до 50 % воды используется на с/х нужды

На рис. 3 отражены результаты оценки территориальной дифференциации объемов сброса ЗВ с использованием показателя ИЗС. Наибольшие объемы воды для разбавления загрязняющих веществ в сточных водах требуются в крупных городах, а также в Верхнебуреинском, Хабаровском, Им. Лазо, Комсомольском районах Хабаровского края. Как и в случае использования показателя суммарных сбросов ЗВ в составе сточных вод выделяется Октябрьский район Амурской области.

Обе картосхемы в совокупности дают более полное представление о территориальной структуре воздействия на водотоки территории бассейна Амура по величине сброса загрязняющих веществ.

Характер временных изменений объемов сброса ЗВ различается в зависимости от субъекта РФ: за период 2007 – 15 гг. объемы сброса ЗВ снизились в Хабаровском крае и Амурской области,

увеличились в Забайкальском крае<sup>1</sup>, суммарный объем сброса ЗВ в бассейне уменьшился с 51,5 тыс. т в 2007 г. до 44,9 тыс. т в 2015 г.

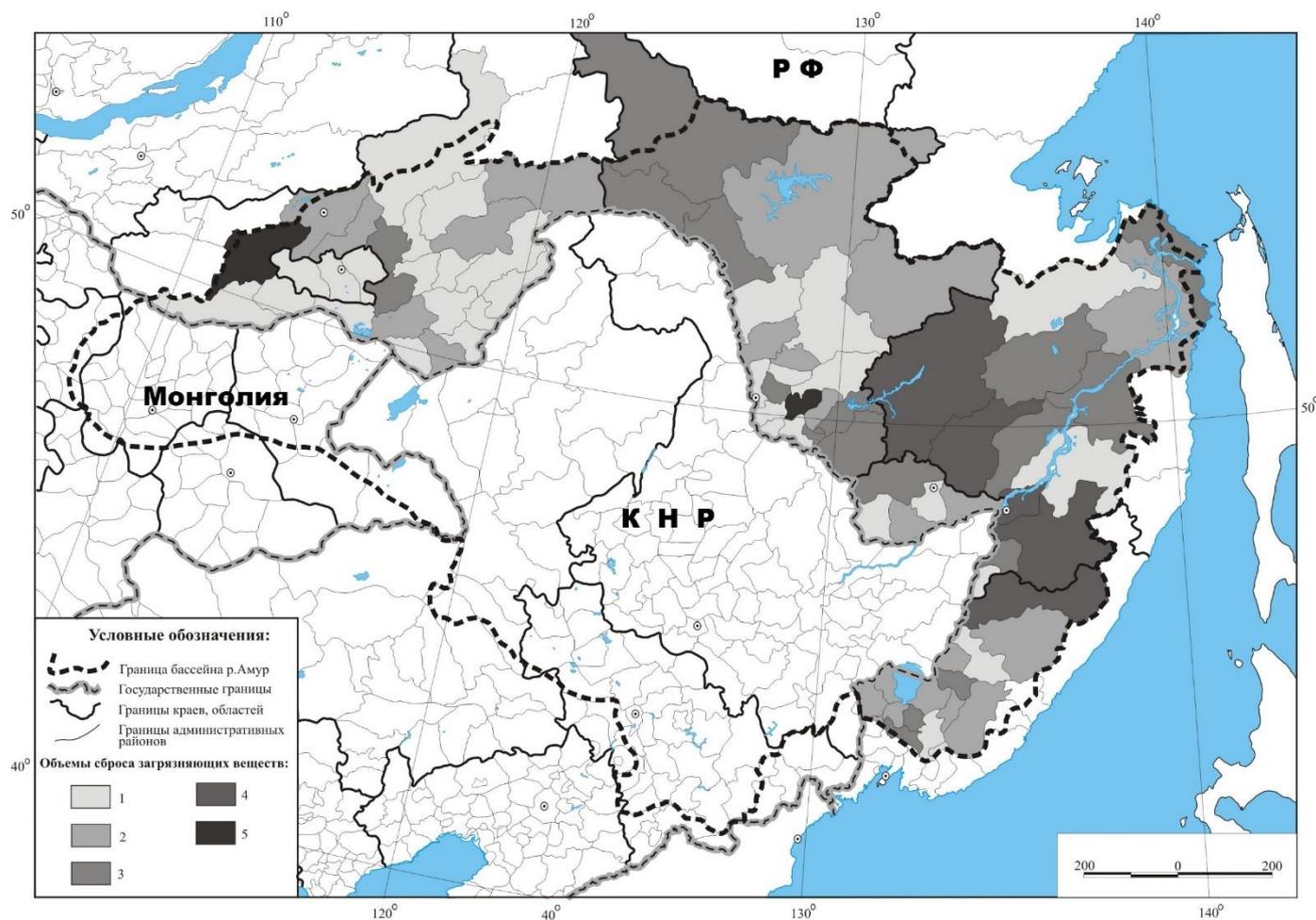


Рис. 2. Объемы сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод в бассейне р. Амур в разрезе административных районов

1 – до 10 т в год; 2 – более 10, но не выше 100 т в год; 3 – более 100, но не выше 500 т в год; 4 – более 500, но не выше 1000 т в год; 5 – более 1000 т в год

<sup>1</sup> Данные по Приморскому краю не используются, т.к. для края имеющиеся данные включают не весь перечень анализируемых ЗВ, кроме того, основная часть водопользователей-загрязнителей края расположена за пределами бассейна Амура

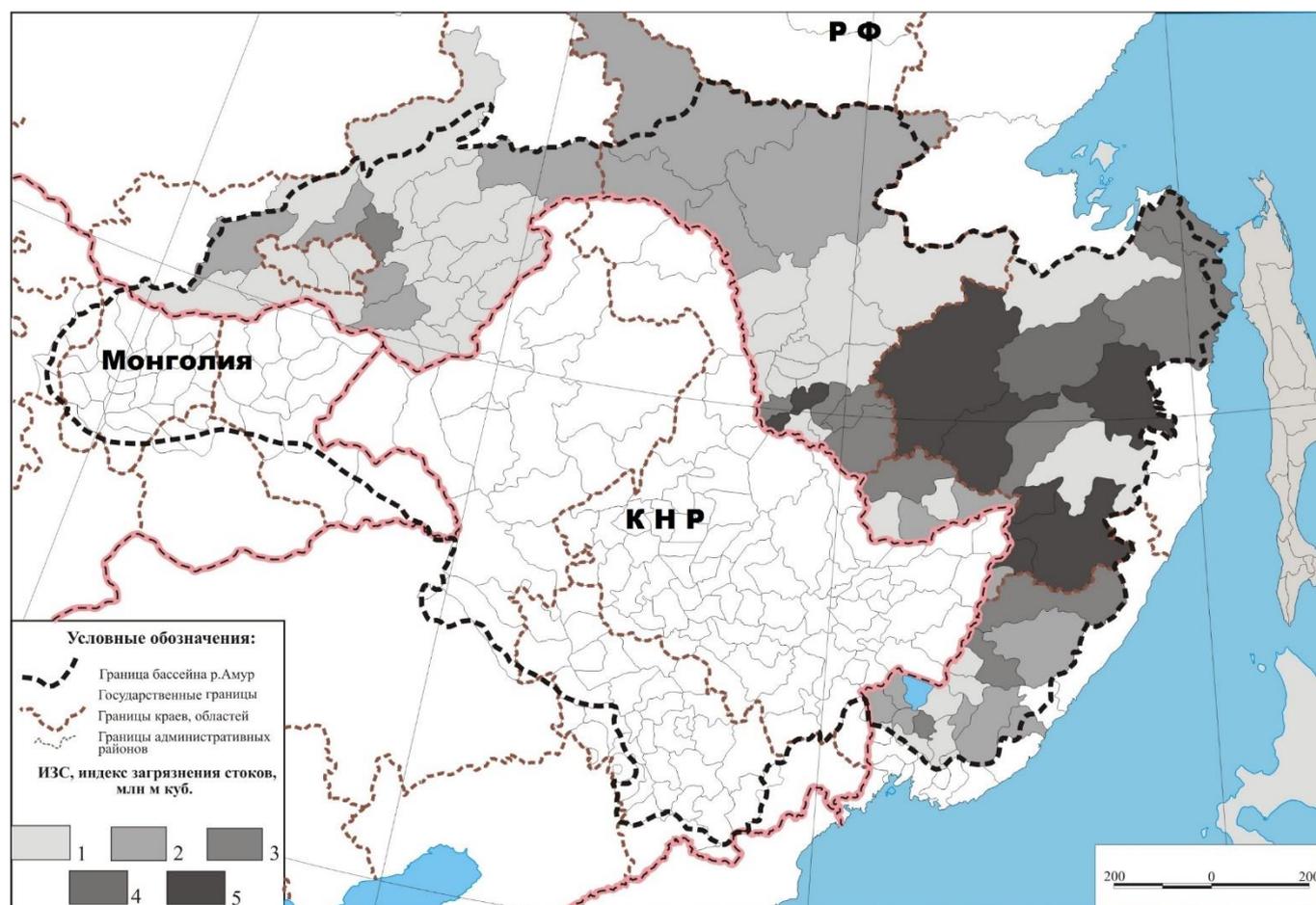


Рис. 3. Индекс загрязнения стоков, млн м<sup>3</sup>.

1 – до 10 млн м<sup>3</sup> в год; 2 – более 10, но не выше 100 млн м<sup>3</sup> в год; 3 – более 100, но не выше 500 млн м<sup>3</sup> в год; 4 – более 500, но не выше 1000 млн м<sup>3</sup> в год; 5 – более 1000 млн м<sup>3</sup> в год

На основе использования индексов УКИЗВ выявлено улучшение качества вод главного русла р. Амур с российской стороны за период 2005-15 гг., наиболее выражено это улучшение у г. Хабаровск. При помощи методов статистического анализа получена количественная зависимость качества вод р. Амур у г. Хабаровск от состояния вод р. Сунгари.

Анализ динамики качества вод в главном русле р. Амур от с. Черняево до Николаевска-на-Амуре за период 2005-15 гг. показывает, что качество вод по удельному комбинаторному индексу загрязнения вод (УКИЗВ) в этих створах улучшилось. В 2007 г. загрязнение было приблизительно равномерным и высоким по всей длине реки, после 2009 г. от с. Черняево включительно и ниже по течению УКИЗВ становятся ниже 4, а с 2011 г. наблюдается еще более значительное по сравнению с 2007 г. снижение загрязнения. Наиболее последовательно снижался индекс загрязнения вод у г. Хабаровск – с 4,75 в 2005 г. до 2,57 в 2015 г. Динамика УКИЗВ в пунктах наблюдений у с. Черняево и г. Благовещенск практически синхронна, и для этих створов характерно ухудшение качества в 2013 и 2015 гг. в сравнении с предшествующими годами (рис. 4). Качество вод р. Аргунь за указанный период не улучшилось.

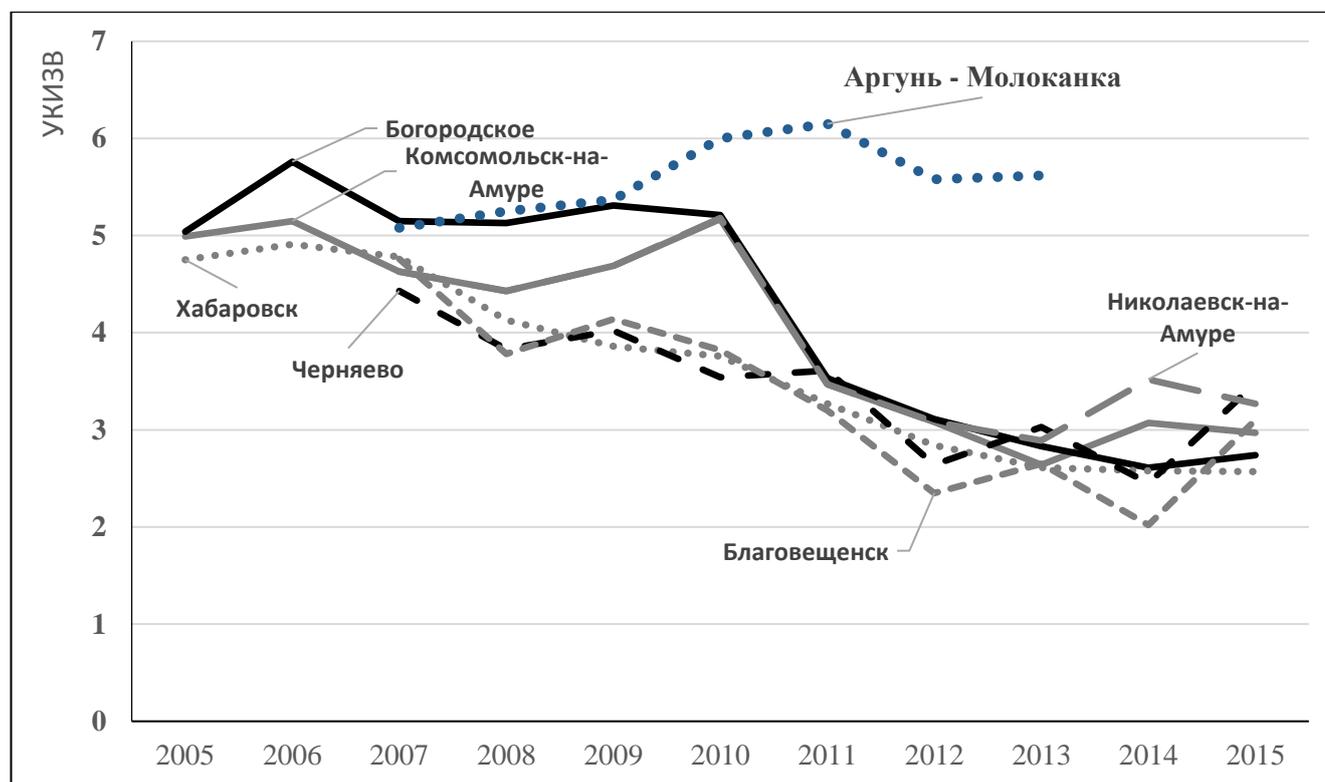


Рис. 4. Динамика качества вод в р. Аргунь и главном русле р. Амур по УКИЗВ

В условиях, когда отсутствуют наблюдения за качеством воды в створах на главном русле Амура на границах между соседними субъектами РФ, а данные о динамике этого загрязнения имеются только в целом по субъектам, кроме того, общий объем загрязнений и его снижение за период 2007-15 гг. незначительны в сравнении с разбавляющей способностью водотока, отсутствует возможность определить, каким образом влияют объемы сбрасываемых ЗВ на качество вод в главном русле р. Амур в створах с. Черняево, г. Благовещенск, а также р. Аргунь в створах с. Олочи или с. Молоканка.

Исключение составляет створ у г. Хабаровск, замыкающий часть водосбора, находящегося на территории Забайкальского края, Амурской области и ЕАО<sup>2</sup>. Но положительная корреляция между суммой ЗВ, сброшенных выше по течению, и индексами загрязнения отсутствует - коэффициент корреляции (Пирсона) между УКИЗВ в р. Амур у г. Хабаровск и общей суммой ЗВ в составе сточных вод с территории Забайкальского края, Амурской области и ЕАО составляет (-0,50); с суммой ЗВ в ЕАО (-0,45), коэффициенты детерминации, соответственно, (-0,25) и (0,20).

Ранее неоднократно отмечалось, что р. Сунгари, доля стока которой в общем стоке Амура у г. Хабаровск в среднем по году составляет около 30 %, существенно влияет на загрязнение воды в р. Амур различными веществами, при этом трансграничное загрязнение вод Амура проявляется ниже впадения р. Сунгари во все фазы водного режима. Была проведена оценка взаимосвязи между долей водотоков в бассейне р. Сунгари III (питьевого) класса качества вод, которая увеличивается с 2005 г., и значениями УКИЗВ в створе р. Амур – г. Хабаровск. Эта взаимосвязь характеризуется высоким коэффициентом детерминации  $R^2$ , равным -0,92 (рис. 5). Несмотря на

<sup>2</sup> А также части Приморского края, данные по сбросу ЗВ с территории которого в данном исследовании не рассматриваются

незначительный размер выборки, оценки параметров уравнения линейной регрессии являются статистически значимыми, а их стандартные ошибки незначительны.

Зависимость между долей водотоков в бассейне р. Сунгари, соответствующих классу качества вод III, и УКИЗВ в створе у гг. Комсомольск-на-Амуре и Николаевска-на-Амуре слабее, коэффициенты детерминации  $R^2$ , определяющие долю изменчивости качества вод в этих створах состоянием вод р. Сунгари, равны, соответственно, 0,55 и 0,53. Это, вероятно, указывает на ослабление влияния реки Сунгари на качество вод Амура ниже по течению от г. Хабаровск.

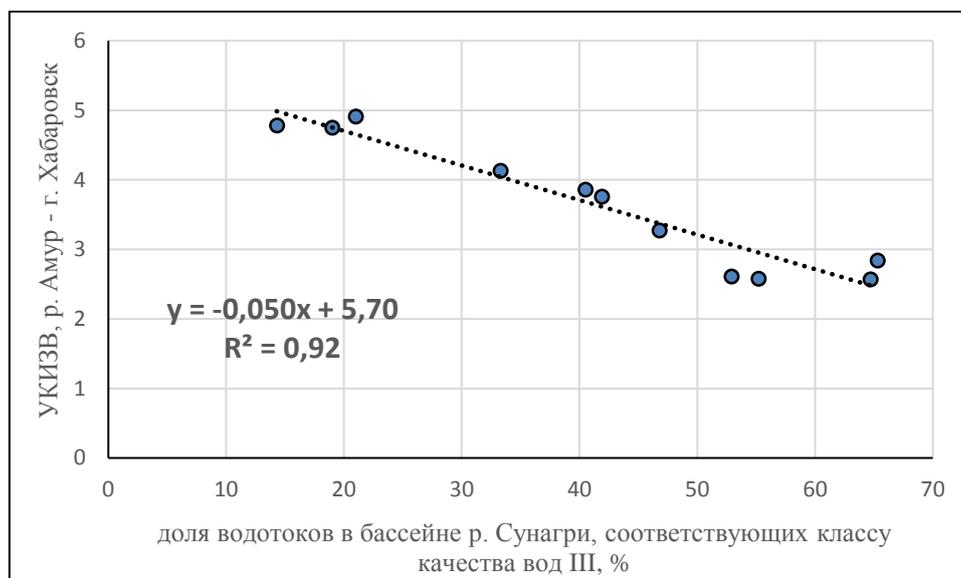


Рис. 5. Зависимость качества вод р. Амур у г. Хабаровск и р. Сунгари

Улучшение качества вод в бассейне Сунгари обусловлено более эффективным национальным экологическим контролем со стороны КНР. В результате ужесточения экологического законодательства сброс загрязняющих веществ в составе сточных вод в КНР постепенно снижается. В частности, в провинциях Хэйлунцзян и Цзилинь, на территории которых расположен бассейн Сунгари, с 2011 по 2015 гг. объемы ЗВ по ХПК снизились с 2401 до 2117 тыс. т; азота аммонийного – с 154 до 133 тыс. т; нефтепродуктов с 1540 до 495 т; фенолов с 30,4 до 6,5 т; свинца с 306 до 250 т; кадмия с 40,9 до 38 т.

В дальнейшем следует ожидать последовательное улучшения качества вод на китайской части бассейна р. Амур, а, следовательно, и в главном русле реки в ее верхнем и среднем течении, а также в рр. Аргунь и Уссури. Согласно планам КНР, к 2020 г. более 70% водотоков в бассейнах 7 ее крупных рек и более 93% источников питьевой воды в городах должны достигнуть III (питьевого) класса качества вод. Для этого предусмотрено применение целевых показателей эффективности использования водных ресурсов, рыночных механизмов, таких как реформа тарифов на воду, кредитование и экологические компенсации.

## Выводы

В результате проведенного исследования получено системное представление о природных условиях, факторах, параметрах, территориальных и временных закономерностях функционирования одного из видов водопользования – с забором воды и последующим ее сбросом в водные объекты. Исследованы особенности воздействия населения и хозяйства на

водную среду на территории крупного географического объекта – трансграничного бассейна р. Амур, т.е. на макроуровне. Эти особенности и закономерности заключаются в следующем.

Специфика использования водных ресурсов бассейна, в основном, определяется неравномерностью развития хозяйства и заселения российской и китайской его частей.

Пространственно-временной анализ параметров использования воды на территории бассейна р. Амур показал разнонаправленность динамики и существование огромных количественных различий в системе водопользования на российской и китайской частях бассейна Амура, в т.ч. в объеме сбрасываемых загрязняющих веществ, что обусловлено различными интенсивностью водопользования.

Динамика показателей водопользования национальных частях трансграничного бассейна Амура имеет региональные особенности, заключающиеся в более глубоком уровне снижения водопотребления на российской части бассейна и более высоких темпах его роста на китайской.

Для территории бассейна р. Амур в целом выявлена тесная статистическая зависимость водопотребления и следующих показателей: численности населения, объемов производства водоемких видов продукции промышленности, таких как электроэнергия, сталь, в сельском хозяйстве – посевных площадей риса и других с/х культур. Наличие этой зависимости дало обоснование возможности использования статистического метода прогноза водопотребления с использованием указанных показателей в качестве факторов (предикторов).

Полученные статистические модели для прогноза водопотребления - общего для российской и сельскохозяйственного для китайской части бассейна, показывают хорошую сходимость с фактическими данными и минимальные ошибки. Метод прогноза с использованием функций отклика может быть использован на различных территориальных и отраслевых уровнях.

Пространственная дифференциация воздействия на водные объекты бассейна р. Амур, оценка которой выполнена с использованием расчетных показателей суммарных сбросов загрязняющих веществ и индексов загрязнения вод, в целом отражает особенности размещения предприятий-загрязнителей и населения, а наибольшие объемы сброса загрязняющих веществ наблюдаются в крупных городах, где преобладающие объемы воды используются на производственные нужды, а также в отдельных районах Хабаровского края и Амурской области.

За период 2005-15 гг. качество вод главного русла р. Амур в целом улучшилось, в отличие от р. Аргунь, наиболее выражено это улучшение у г. Хабаровск. Согласно проведенной оценке, оно не связано со снижением суммарных сбросов загрязняющих веществ с российской части водосбора выше по течению, но тесно зависит от качества вод р. Сунгари, которое по данным государственной статистики КНР постепенно улучшается. Ниже по течению влияние р. Сунгари ослабевает. В дальнейшем следует ожидать последовательного улучшения качества вод на китайской части бассейна р. Амур, а, следовательно, и в главном русле реки в ее верхнем и среднем течении, а также в рр. Аргунь и Уссури.

Имея представление об общих закономерностях функционирования системы водопользования на территории бассейна, следует продолжить изучение проблемы влияния водопользования на качество вод на более крупном масштабе, в частности, на модельных участках с использованием методов моделирования.

**Список опубликованных по теме диссертации работ**

Публикации из перечня ВАК:

**Говорушко С.М., Горбатенко Л.В. Трансграничное водопользование в бассейне р. Амур // Вестник ДВО РАН, 2013. № 2. с. 74-83.**

**Горбатенко Л.В. Водопользование в трансграничном бассейне реки Амур // География и природные ресурсы. 2016. № 2. с. 27-35.**

**Горбатенко Л.В. Геоэкологическая характеристика водопользования в трансграничном бассейне реки Амур: точечное загрязнение и качество вод // Вестник ДВО РАН, 2018. № 2. с. 119-129.**

**Гобатенко Л.В. Метод прогноза водопотребления в трансграничном бассейне реки Амур // Вестник ДВО РАН, 2018. № 4. (в печати)**

Другие публикации:

Горбатенко Л.В. Водные ресурсы и их использование // Геосистемы Дальнего Востока на рубеже XX-XXI веков. Т. II. Природные ресурсы и региональное природопользование. Владивосток: Дальнаука. 2010. с. 225-236.

Каракин В.П., Горбатенко Л.В. Трансграничное водопользование // Геосистемы Дальнего Востока на рубеже XX-XXI веков. Т. II. Природные ресурсы и региональное природопользование. Владивосток: Дальнаука. 2010. с. 474-485.

Горбатенко Л.В. Проблемы трансграничного водопользования в бассейне р. Амур // Сб. докл. конференции «Регионы нового освоения: ресурсный потенциал и инновационные пути его использования», г. Хабаровск. 2011. [Электронный ресурс] – Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2011. с. 31-33.

Горбатенко Л.В., Егидарев Е.Г. Гидротехнические сооружения в трансграничном бассейне р. Амур: современное состояние и тенденции // Природоохранное сотрудничество в трансграничных экологических регионах: Россия – Китай – Монголия. Вып.3. Часть 1. Чита: Поиск, 2012. с. 97-103.

Горбатенко Л.В. Водные ресурсы бассейна р. Амур и их охрана: трансграничный аспект. //Сб. докладов Всероссийской научной конференции с международным участием «Проблемы территориальной организации природы и общества». 30 окт.-1 ноября 2012 г. Иркутск. с. 184-186.

Горбатенко Л.В. Современное состояние и динамика водопользования на китайской части бассейна р. Амур //Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Реки Сибири и Дальнего Востока», Иркутск, 6-7 июня 2013 г. Иркутск, ИРОО "Байкальская Экологическая Волна". с. 127-130.

Горбатенко Л.В. Географические проблемы водопользования в трансграничном бассейне р. Амур // Материалы научно-практической конференции «Географические факторы регионального развития Азиатской России». Владивосток, 18-19 апреля 2013 г. Владивосток: Дальнаука. с. 384-390.

Горбатенко Л.В. Предпосылки и перспективы российско-китайского сотрудничества в управлении водными ресурсами бассейна р. Амур // Материалы межд. конференции «Устойчивое природопользование в прибрежно-морских зонах». 7-9 октября 2013 г. Владивосток, Дальнаука. 2013. с. 182-188.

Горбатенко Л.В. Сравнительный анализ динамики водопользования в трансграничном бассейне реки Амур //Всероссийская конференция «Водные и экологические проблемы, преобразование

экосистем в условиях глобального изменения климата», 29 сентября-3 октября 2014 г., Хабаровск: сб. докладов [Электронный ресурс] – Хабаровск, ИВЭП ДВО РАН, 2014. 408 с.

Горбатенко Л.В. Прогноз водопользования на российской части трансграничного бассейна р. Амур // Проблемы устойчивости эколого-хозяйственных и социально-культурных систем трансграничных регионов. Мат. межд. научно-практ. конференции 20–21 ноября 2014 года. Псков: Изд. ПсковГУ, «ЛОГОС Плюс», 2014. с.158-162.

Горбатенко Л.В. Устойчивое сельскохозяйственное водопользование в бассейне реки Амур // Структурные трансформации в геосистемах Северо-Восточной Азии. Мат-лы Всероссийской научно-практ. конференции. 23-25 апреля 2015 г. Владивосток: Дальнаука. 2015. с. 175-179.

Горбатенко Л.В. Оценка водопользования на территории Приморского края: динамика, прогноз, проблемы // Материалы XV Совещания географов Сибири и Дальнего Востока (г. Улан-Удэ, 10-13 сентября 2015 г.). Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2015. с. 396-399.

Горбатенко Л.В. Водные ресурсы бассейна р. Амур и их использование: современное состояние, динамика, прогноз // Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.»: Сборник научных трудов. Т. 1. Петрозаводск: РИО КарНЦ РАН, 2015. с. 115-122.

Горбатенко Л.В. Управление водными ресурсами в трансграничном бассейне реки Амур // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: Труды Четвертой Всероссийской научной конференции с международным участием, Москва, 15–18 сентября 2015 г. / ИВП РАН: отв. ред. Болгов М.В. Москва: ООО «ДМ-Буквэй», 2015. с. 496-499.

Горбатенко Л.В. Прогноз водопотребления на российской части бассейна реки Амур с использованием функции отклика // Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях глобального изменения климата: VI Дружининские чтения: материалы Всероссийской конференции с международным участием. 28-30 сентября Хабаровск. [Электронный ресурс] – Хабаровск, ИВЭП ДВО РАН, 2016. с. 29-32.

Горбатенко Л.В. Возможность прогноза водопотребления на китайской части трансграничного бассейна р. Амур // Запад и Восток: пространственное развитие природных и социальных систем. Материалы международной научно-практической конференции (г. Улан-Удэ, 19-23 сентября 2016 года) – Улан-Удэ, 2016. с. 117-122.

Горбатенко Л.В. Антропогенное воздействие и качество вод на российской части бассейна реки Амур // Геосистемы в Северо-Восточной Азии: территориальная организация и динамика. Мат-лы Всеросс. научно-практ. конф. 20-21 апреля 2017 г. Владивосток: Информационно-полиграфический центр ТИГ ДВО РАН, 2017. с. 412-418.

Горбатенко Л.В. Трансграничный бассейн р. Амур: условия, факторы, прогноз и особенности водопользования // Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения. Новочеркасск: Лик, 2017. с. 542-547.

Горбатенко Л.В. Качество трансграничных вод бассейна реки Амур // Конференция с международным участием «Регионы нового освоения: Естественные сукцессии и антропогенная трансформация природных комплексов», 4–7 октября 2017 г., Хабаровск: сб. материалов. — Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2017. с. 86-89 (электронное издание).

Gorbatenko L.V. The method of water consumption prediction in the Russian part of the Amur River basin // Resources, Environment and Regional Sustainable Development in Northeast Asia. Proceedings of the III International Conference (Vladivostok, October 10-14, 2016). Vladivostok: Dalnauka, 2016. P. 204-208.